



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
RECINTO UNIVERSITARIO SIMON BOLIVAR  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION

**MONOGRAFIA PARA INGENIERIA ELECTRICA**

TITULO:

**ILUMINACION PÚBLICA SOLAR FOTOVOLTAICA  
PARA LA CIUDAD DE MANAGUA, NICARAGUA**

**Autores:**

- Br. Martínez Carrillo, Engels Enrique 2011-36780
- Br. Moreno Castillo, Larry Dodanim 2011-36936

**Tutor:**

- Ing. Julio Noel Canales

**Managua, 28 Octubre 2016**

## **INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
<b>4. DESARROLLO.....</b>	<b>8</b>
4.1 DISPOINIVILIDAD Y VARIABILIDAD DE LA ENERGÍA SOLAR.....	8
4.2 RADIACIÓN SOLAR.....	8
4.2.1 Trayectoria del Sol respecto al tiempo y Temporadas.....	9
4.2.2 El Efecto Electricidad Fotovoltaica.....	9
4.3 INTRODUCCION A LAS ILUMINACION.....	10
4.3.1 Luminotecnia.....	10
4.3.2 Magnitudes Fundamentales de la Luminotecnia.....	10
4.3.2.1 <u>FLUJO LUMINOSO</u> .....	10
4.3.2.2 <u>RENDIMIENTO LUMINOSO (Lm/W)</u> .....	10
4.3.2.3 <u>INTENSIDAD LUMINOSA</u> .....	11
4.3.2.4 <u>ILUMINACIÓN O ILUMINANCIA (E)</u> .....	11
4.3.2.5 <u>ILUMINANCIA (L)</u> .....	12
4.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO CONVENCIONAL.....	13
4.4.1 Luminarias de Descarga.....	13
4.4.2 Características de las luminarias de Sodio.....	14
4.4.2.1 <u>LUMINARIA DE SODIO DE BAJA PRESION</u> .....	15
4.4.2.2 <u>LUMINARIA DE SODIO DE ALTA PRESION</u> .....	15
4.4.3 Ventajas de las Luminarias de Sodio.....	15
4.4.4 Desventajas de las Luminarias de Sodio.....	16
4.5 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	17
4.5.1 Luminaria LED.....	17
4.5.1.1 <u>TIPOS DE LUMINARIAS LED</u> .....	18
4.5.1.2 <u>VENTAJAS DE LAS LUMINARIAS LED</u> .....	20
4.5.1.2 <u>DESVENTAJAS DE LAS LUMINARIAS LED</u> .....	21
4.5.2 Panel Solar Fotovoltaico.....	21
4.5.2.1 <u>APLICACIONES</u> .....	22
4.5.2.2 <u>TENSIONES DE LOS PANELES DE ACUERDO</u>	

<u>A SUS CÉLULAS.....</u>	23
4.5.2.3 <u>VENTAJA DE GENERACION ELECTRICA CON</u> <u>PANELES.....</u>	23
4.5.2.4 <u>DESVENTAJA DE GENERACIÓN ELECTRICA</u> <u>CON</u> <u>PANELES.....</u>	24
4.5.3 <b>Batería</b> <b>almacenadora</b> <b>de</b> <b>Energía.....</b>	24
4.5.3.1 <u>TIPOS              DE              BATERIAS              DE              PLOMO</u> <u>UTILIZADAS.....</u>	26
4.5.3.2 <u>VIDA DE BATERIAS PARA APLICACIONES</u> <u>SOLARES.....</u>	27
4.5.3.2 <u>CONDICIONES QUE DETERMINAN LA VIDA</u> <u>DE</u> <u>BATERIAS.....</u>	27
4.5.3.3 <u>EFICIENCIA      DE      LAS      BATERIAS      PARA      USO</u> <u>SOLAR.....</u>	29
4.5.4 <u>Regulador de Carga.....</u>	30
4.5.4.1 <u>CÓMO FUNCIONA EL REGULADOR DE CARGA.....</u>	30
4.5.4.2 <u>TIPOS DE REGULADORES DE ACUERDO A LAS</u> <u>NECESIDADES.....</u>	32
4.6 <b>IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b> <b>SOBRE              LOS              PRINCIPALES              FACTORES</b> <b>AMBIENTALES.....</b>	32
5. <b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	34
5.1 <b>ESTUDIO DE CONSUMO ENERGÉTICO</b> <b>DEL              ALUMBRADO              PÚBLICO              EN</b> <b>MANAGUA.....</b>	34
5.1.1 <b>Análisis del consumo de Potencia</b> <b>nominal y real en luminaria de alumbrado público.....</b>	35
5.1.2 <b>Estudio Específico de consumo</b> <b>energético de alumbrado público</b> <b>convencional                      (Puerto                      Salvador</b> <b>Allende).....</b>	38
5.1.3 <b>Análisis del consumo promedio mensual</b> <b>y anual del Alumbrado Público</b> <b>convencional total.....</b>	41
5.2 <b>VISITA DE CAMPO A LAS ZONAS DE</b> <b>INTERES PARA INSTALAR EL SISTEMA</b>	

DE	ILUMINACION
FOTOVOLTAICA.....	44
5.3 DETERMINAR LA CANTIDAD Y CARACTERISTICAS	
DE POSTES (APOYOS) EN CADA	
SECTOR.....	44
5.4 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL	
DEL	SISTEMA
FOTOVOLTAICO.....	45
5.4.1 Ubicación	del
Panel.....	45
5.4.2 Soporte	y
Dirección.....	45
5.4.3 Brazo y estructura de la Luminaria	
LED.....	45
5.4.4 Colocación del Centro de control del	
Sistema Fotovoltaico.....	46
5.4.5 Colocación de la Batería Almacenadora	
de Energía.....	46
5.5 ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA	
DE ILUMINACION	FOTOVOLTAICO
PROPUESTO.....	48
5.5.1 Característica de los elementos del	
sistema	
fotovoltaico.....	48
5.5.2 Estudio Luminotécnico del Sistema	
Fotovoltaico.....	50
5.5.3 Cálculos vitales del sistema	
fotovoltaico.....	54
5.5.2.1 <u>CÁLCULO DEL BANCO DE</u>	
<u>BATERIA</u> .....	54
5.5.2.2 <u>CÁLCULO DEL CONTROLADOR DE</u>	
<u>CARGA</u> .....	55
5.5.2.3 <u>INCLINACIÓN DEL PANEL Y ÁNGULO DE</u>	
<u>ORIENTACIÓN</u> .....	55
5.5.2.4 <u>CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE</u>	
<u>LA</u>	INSTALACIÓN
<u>FOTOVOLTAICA</u> .....	55
5.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y	

<b>FINANCIERA</b>	<b>DEL</b>
<b>PROYECTO.....</b>	<b>57</b>
<b>5.6.1</b>	<b>Factibilidad</b>
<b>técnica.....</b>	<b>57</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Factibilidad</b>
<b>Financiera.....</b>	<b>58</b>
<b>5.6.3 Cálculo de inversión para iluminación publica</b>	
<b>fotovoltaica (Puerto Salvador Allende).....</b>	<b>59</b>
<b>5.6.4 Cálculo de inversión para iluminación pública</b>	
<b>fotovoltaica</b>	<b>total</b>
	<b>de</b>
<b>Managua.....</b>	<b>64</b>
<b>5.6.5 Cálculo de inversión para iluminación pública</b>	
<b>convencional</b>	<b>(Puerto Salvador</b>
<b>Allende).....</b>	<b>68</b>
<b>5.6.6 Cálculo de inversión para iluminación pública</b>	
<b>convencional</b>	<b>total</b>
	<b>de</b>
<b>Managua.....</b>	<b>73</b>
<b>5.6.6.1 CÁLCULO PARA LUMINARIAS DE SODIO TOTAL.....</b>	<b>73</b>
<b>5.6.6.2        CÁLCULO        PARA        LUMINARIAS        LED</b>	
<b>TOTAL.....</b>	<b>74</b>
<b>5.6.6.3        VAN        Y        TIR        PARA        ILUMINACIÓN        PÚBLICA</b>	
<b>TOTAL.....</b>	<b>76</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>80</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

## 1. INTRODUCCION

El **alumbrado público** es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades, principalmente durante el horario nocturno.

Por lo general el alumbrado público en las ciudades o centros urbanos es un servicio municipal que se encarga de su instalación, aunque en carreteras o

infraestructura vial importante corresponde al gobierno central o regional su implementación.

Hasta ahora la energía solar ha sido una excelente fuente de energía eléctrica o térmica tan eficiente que ha satisfecho las muchas necesidades en diferentes sectores de abastecimiento eléctrico ya sea este ámbito de iluminación pública o interna: telecomunicaciones, alimentación de energía a nivel industrial y residencial, sistemas de bombeo de agua, telefonía, etc., que operan en muchas ocasiones en forma aislada.

La energía solar fotovoltaica es una solución muy eficiente, de alto rendimiento y de carácter económico muy bajo mediante el transcurso del tiempo para el alumbrado público en aquellos lugares que se encuentran aislados de la red eléctrica, o donde su uso es caro o dificultoso.

En los sistemas de iluminación pública es indispensable la alimentación o suministro de la energía hasta la zona que se pretende levantar la obra de iluminación, ya que hoy en día hay varias formas alternas de generar energía sin necesidad de aislarlos hasta la fuente de materia prima y hacer operar dispositivos sin la necesidad de transportar la energía a grandes distancias

Tantas aplicaciones en la cual la energía solar es altamente eficiente y demandada es importante que una investigación se perfile a mostrar los beneficios y condiciones técnicas de esta energía en la aplicación en el sector de alumbrado público.

En este proyecto se dictarán las condiciones técnicas y eficiencia de la energía fotovoltaica, la ventaja de la implementación de este tipo de iluminación amigable con el medio ambiente evitando o reduciendo la contaminación inherente en la producción de la energía mediante combustibles fósiles

## **2. ANTECEDENTES**

La Iluminación pública desde sus inicios ha tenido una necesidad de mejorar e innovar sus métodos y formas de generación de la Luz y sobre todo la tecnología Del dispositivo que emite la energía lumínica: La Luminaria.

A finales Del siglo XIX, con el desarrollo de luminarias incandescentes baratas, brillantes y fiables, las de Luz de arco quedaron en desuso para el alumbrado público, permaneciendo para usos industriales. Posteriormente, se desarrolló la luminaria de vapor de sodio de baja presión, que emite una luz monocromática, después se desarrolló la luminaria de vapor de sodio de alta presión, cuya luz es

de color ámbar, pero tiene un índice de rendimiento de color un poco mayor, es una fuente de luz más puntual y de un tamaño menor que la luminaria de vapor de sodio de baja presión, lo que facilita su manejo y permite un mejor diseño de los luminarias.

**Respecto a la Generación de energía NACIONAL** El Gobierno de Nicaragua ha desarrollado programas de generación a través de sistemas fotovoltaicos, para llevar la energía eléctrica a las comunidades mas apartadas e inaccesibles de Nicaragua.

Un dato importante de avance por mencionar es que en Febrero 2015 se implementó la renovación y cambio de luminarias LED sustituyendo las luminarias de Sodio de alta presión en muchas de las carreteras de Managua, principalmente el cambio de luminarias a lo largo de la Carretera Norte.

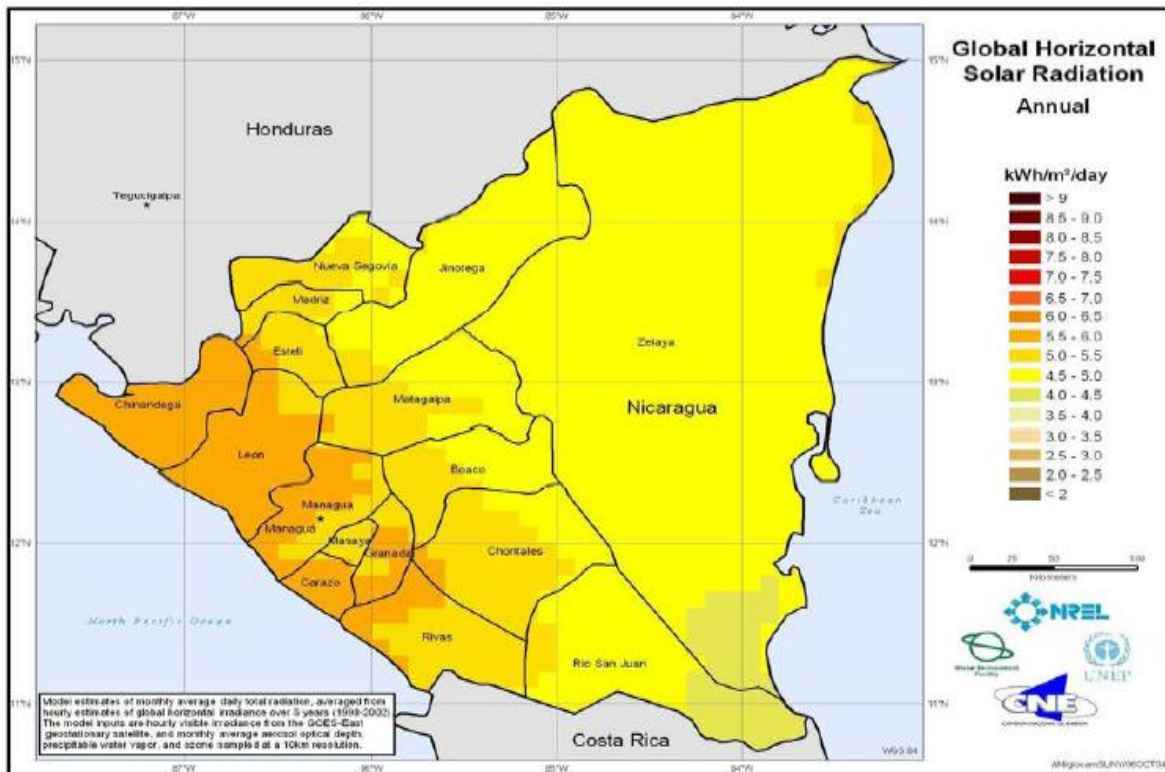
Además, en Nicaragua se han instalado 42 sistemas fotovoltaicos, en un numero igual de comunidades que corresponde a los municipios de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) Siguiendo Siuna, Rosita, Bonanza, Prinzapolka, Waspan, y Puerto Cabezas, a través del cual se proporciona acceso a una Fuente de energía renovable a través de sistemas fotovoltaicos para la generación de Electricidad a dichas comunidades

En el año 2015 se realizó en el País la IV Jornada Regional EuroSolar. Reuniéndose con expertos en energía de ocho países distintos de Latinoamérica, la cual consistió en el cambio de experiencias de los expertos de Energía para los muchos programas de energía solar.

Las prácticas de energía solar se emplean muchos en el país en muchos departamentos Del país incluyendo la Isla de Ometepe y muchas zonas donde no hay energía disponible y no solamente iluminación sino que incluyen bombeo de agua, sistemas de riego, calentamiento de agua, recarga de baterías, refrigeración, cercos de protección. Etc. de la mano también con programas Como FODIEN (Fondo de Desarrollo de las Industria Eléctrica Nacional) y PNESER (Programa Nacional de Electrificación Sostenible en Energía Renovable).

## **Potencial solar en Nicaragua**

Siendo un país tropical ubicado entre los 11 a 14 grados al norte del ecuador, Nicaragua recibe grandes cantidades de energía solar. Si en cada uno de los más de 200,000 hogares que hay en la Costa Pacífica se instalaran 4 m<sup>2</sup> de paneles solares fotovoltaicos, con una eficiencia de conversión energética de 25%, cada casa produciría unos 5 kWh por día, equivalentes a un total anual de 365 GWh anual, ó 12% de la actual demanda nacional.



(Fuente: SWERA, UNEP)

### 3. OBJETIVOS

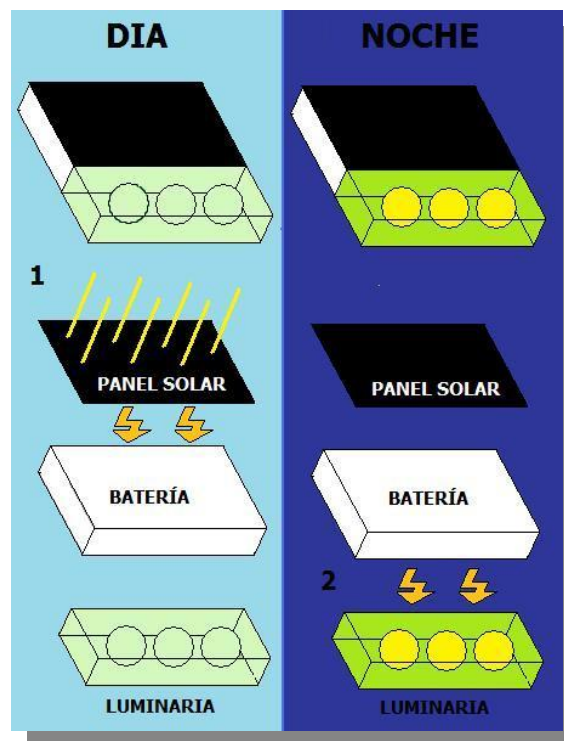
#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer el Uso de la Energía Fotovoltaica, en el sector de la iluminación pública de la ciudad de Managua.



### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Demostrar la eficiencia de la iluminación fotovoltaica mediante el USO de luminarias de Alta Potencia y de Bajo consumo: Luminarias con tecnología LED.
- Cuantificar los costos propuestos en este proyecto en contraste con el Actual (Iluminación convencional).
- Analizar el impacto benéfico al medio ambiente planteados en este tipo de sistema de iluminación pública.



## 4. DESARROLLO

### 4.1 DISPONIBILIDAD Y LA VARIABILIDAD DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar parece una fuente ideal de energía, es limpia, es gratis y abundante y su uso podría ayudar a resolver muchas de las presiones ambientales para contribuir a reducir los efectos del cambio climático. Aun cuando el sol brilla 24 horas al día y los rayos inciden en la tierra todo el tiempo, la mitad

del planeta está siempre en la obscuridad, esto plantea un problema, porque la sociedad moderna consume energía eléctrica 24 horas al día los 365 días del año.

Otro inconveniente es la variabilidad diaria de la energía solar que aún durante las horas del sol al día, puede ser bloqueada por las nubes y esto puede ocurrir inclusive en periodos de días. Un sistema energético solar está imposibilitado de generar energía eléctrica como una planta de carbón o una planta de ciclo combinado que usan 24 horas al día, de acuerdo con la demanda de electricidad de los consumidores.

Los usuarios de energía eléctrica que usan por ejemplo como fuente de energía primaria la solar, y no están conectados a la red eléctrica convencional, es decir, operan desconectados de la red eléctrica, resuelven el problema con un sistema de respaldo como son el uso de baterías para almacenar electricidad con lo que se satisface la demanda nocturna y la de días nublados también. La naturaleza variable del sol puede tratar de complementar acoplando los sistemas eléctricos solares con otras fuentes de energía renovables, por ejemplo con sistemas eólicos o con mini hidráulicas.

## **4.2 RADIACIÓN SOLAR**

La salida del sol se le conoce como Radiación solar que va desde ondas de longitud corta y de alta energía como son los rayos Gamma, hasta las radiaciones de la longitud de onda de baja energía como son las ondas de radio. En medio de estos rangos esta los rayos X, la luz visible y el calor (Radiación infrarroja). En tanto que el sol libera numerosas formas de energía, la mayoría de estas (alrededor del 40%) es radiación infrarroja (Calor) y luz visible (alrededor del 10%).

**IRRADIANCIA:** Es la cantidad de radiación solar que impacta en un metro cuadrado de la atmósfera de la tierra, se mide en watts/m<sup>2</sup>. Se mide justo antes que la radiación entre en la atmósfera (1,336 watts/m<sup>2</sup>). En un tiempo, la radiación entrante que alcanza el panel solar se reduce alrededor de 1000 watts/m<sup>2</sup>.

**IRRADIACIÓN:** Es la irradiancia en función del tiempo cuando impacta al módulo fotovoltaico durante un tiempo especificado (por lo general una hora o un día) ejemplo: [Radiación de 1000 watts/m<sup>2</sup> \* 2 Horas] = 2000 watts-Hora/m<sup>2</sup>.

### **4.2.1 Trayectoria del sol respecto al tiempo y Temporadas**

La “Ganancia solar” es indispensable en un sistema solar fotovoltaico puesto que prácticamente depende de la interacción del sol en función del tiempo. Pero la ganancia solar esta también reducida debido a que los días son mas cortos durante los meses de invierno. La longitud del día está determinada por el ángulo de la tierra con relación al sol.

Durante el invierno en el hemisferio norte la mayoría de los rayos solares inciden sobre el hemisferio sur. Estos tres factores bajan la densidad de energía, incremento en la absorción y días más cortos, y reducen la cantidad de energía disponible a un sistema fotovoltaico durante el invierno.

En el verano en el hemisferio norte, la tierra se inclina hacia el sol, esto representa varios cambios, uno de ellos es que el sol está posicionado más alto en el cielo, como un resultado de esto, la luz del sol que está pasando sobre el hemisferio norte, pasa através de menos atmosfera, lo cual reduce la absorción y la dispersión, esto a su vez incrementa la irradiancia solar lo que incrementa la potencia de salida del arreglo fotovoltaico.

#### ***4.2.2 El Efecto Electricidad Fotovoltaica***

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos electrónicos de estado sólido, como los transistores, diodos, y otros componentes del equipo electrónico. Estos dispositivos se refieren como de estado sólido debido a que el flujo de electrones es entre materiales sólidos. La mayoría de las celdas solares en su uso actualmente están fabricadas de uno de los materiales más abundantes en el planeta, el Silicio, el cuál se extrae del cuarzo y de la arena.

Las formas de semiconductores de silicio más conocidas son el Silicio Monocristalino, Amorfo, Policristalino. La tecnología más utilizada es la de capas activas compuestas de películas finas policristalinas o amorfos, depositados en una capa eléctricamente pasiva o activa. Otras tecnologías del Silicio con menor nivel de pureza, láminas de silicio con sección cuadrada, silicio en forma de esferas de Silicio monocristalino. Otros materiales usados en la tecnología fotovoltaica son el galio y el de cadmio.

El Panel Solar es un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas y dispuestas en una estructura de soporte que usa materiales comunes, debiendo posibilitar el agrupamiento e interconexión de los elementos en forma simple. El arreglo puede disponer de equipos para orientación del panel conforme al movimiento del sol.

### **4.3 INTRODUCCIÓN A LA ILUMINACIÓN**

Una buena iluminación es importante para facilitar el rendimiento en las distintas tareas visuales que realizamos y desarrollar un entorno visual adecuado, garantizando la seguridad de los individuos y sus bienes materiales.

Para conseguir una buena iluminación del área donde estamos o del ambiente que nos rodea es necesario tener en cuenta una serie de criterios básicos referentes a la disposición de la luz, las condiciones del alumbrado, ambiente a iluminar, deslumbramiento, confort visual, intensidad del tráfico, etcétera.

Por lo tanto definiremos algunos conceptos fundamentales y magnitudes necesarias para la comprensión del tema.

#### **4.3.1 Luminotecnia**

La luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de la luz, así como su control y aplicación.

#### **4.3.2 Magnitudes Fundamentales de la Luminotecnia**

##### **4.3.2.1 FLUJO LUMINOSO**

Es la cantidad de luz radiada o emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones durante un segundo. Se representa por la letra griega Phi ( $\Phi$ ). Su unidad es el Lumen (Lm). El Flujo luminoso también puede definirse como potencia luminosa y para medirlo se utiliza la esfera integradora de Ulbricht.

##### **4.3.2.2 RENDIMIENTO LUMINOSO (Lm/W)**

Cuando encendemos una luminaria, no toda la energía transformada es aprovechada para la producción de luz visible, ya que gran parte se pierde en calor y en radiaciones no visibles. Se denomina rendimiento o eficacia luminosa el flujo que emite una fuente luminosa (una luminaria en el caso que nos ocupa) por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Se representa por la letra griega eta ( $\eta$ ) y su unidad es el lumen sobre unidad de Wattios (Lm/W). El rendimiento luminoso se calcula mediante la expresión:

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

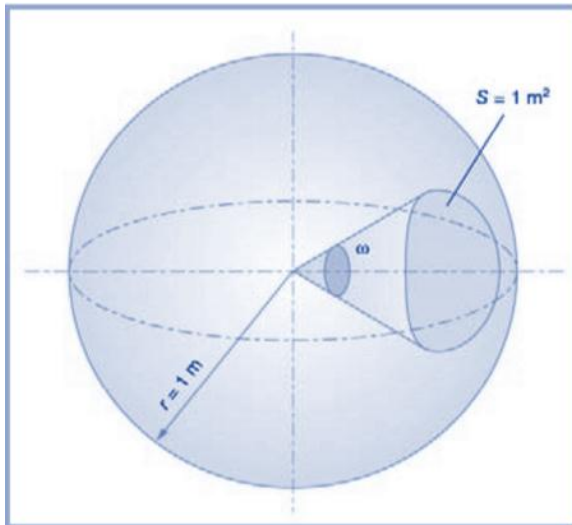
Donde:

**$\eta$  = Rendimiento Luminosos en Lm/W**

**$\Phi$ = Flujo Luminoso en Lm**  
 **$P$ = Potencia Eléctrica de luminaria en Wattios**

#### **4.3.2.3 INTENSIDAD LUMINOSA**

La intensidad luminosa es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa durante un segundo, en una dirección dada y para un ángulo solido de vapor de un estereorradián (Sr) se representa por la letra I. Su unidad es la candela (Cd)



Un ángulo sólido se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera. Si el radio r vale 1m y la superficie S del cono es de 1m<sup>2</sup>, el ángulo solido vale 1estereorradian (1Sr)



#### **4.3.2.4 ILUMINACION O ILUMINANCIA (E)**

Se define como el flujo luminoso por unidad de superficie, se designa con el símbolo E y se mide en Lux (Lx) que equivale a la iluminación de una superficie de m<sup>2</sup> cuando incide sobre ella un flujo luminosos uniformemente repartido de Lm. La iluminancia se calcula mediante la expresión:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

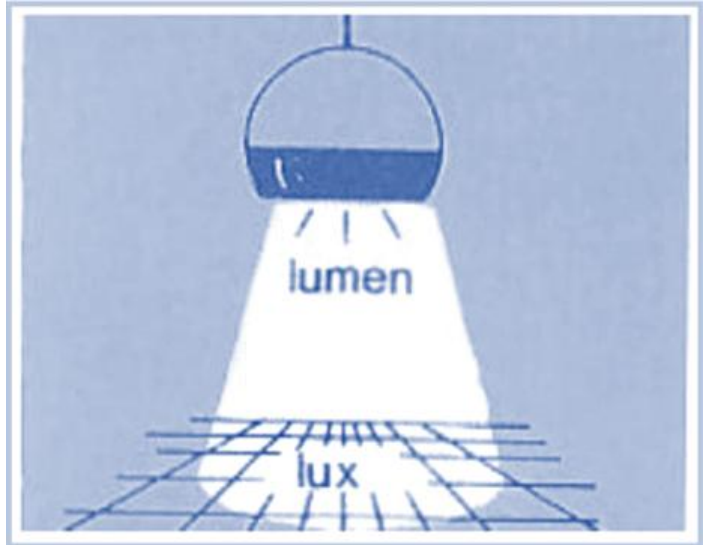
Donde:

**$E$ =Nivel medio de iluminación, en Lx**

**$\Phi$ =Flujo luminoso**

**$S$ =Superficie a iluminar, en m<sup>2</sup>**

Cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresada en pases cuadrados, la unidad de iluminación es el Footcandle (Fc) Pero cuando el área esta expresada en metros cuadrados. La unidad de iluminación es el Lux (Lx) y para medirlo utilizamos los luxómetros.



#### **4.3.2.5 LUMINANCIA (L)**

Es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria, la que emite luz o la que refleja luz.

Se dice también que:

- Es la Magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz tal como son observados por el ojo humano.
- Es la medida de la sensación de iluminación de los objetos, describe la luz que procede de estos. Por ejemplo, si tenemos dos objetos igualmente iluminados veremos con más claridad el que mayor iluminancia tenga. La

Luminancia viene dada por la expresión:  $L = \frac{I}{S \cdot \cos \beta}$

Donde:

$L$ = Luminancia en  $\text{Cd/m}^2$

$I$ = Intensidad Luminosa, en Cd

$S$ = Superficie real iluminada, en  $\text{m}^2$

$B$ = Ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador.

### **4.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO CONVENCIONAL**

El sistema de alumbrado público en la ciudad de Managua ha ido desarrollando su funcionabilidad y su eficiencia conforme avanza la tecnología respecto al tiempo, y



partiendo desde esto es necesario resaltar para la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) encargada de la funcionabilidad del alumbrado, ha notado el aumento exponencial de la demanda de nuevas luminarias para alumbrado, siendo este un punto de partida de la necesidad de implementar un plan de ahorro energético.

La tipología y características técnicas de luminarias disponibles para las necesidades de alumbrado en la ciudad actualmente son 2 tipos:

- Luminarias de Sodio de Alta Presión.
- Luminarias de Vapor Mercurio.

Todas y cada una de ellas con un consumo en kWh específico (respecto al transcurso de tiempo). Funcionando a voltaje, amperios, Potencia y Lúmenes específicos como se muestra en las siguientes tablas.

<b>LAMPARAS DE MERCURIO USO EXTERNO</b>						
Descripción	Voltios	Amperios	Vatios	Hrs/Mes	Kwh/mes	Kwh/día
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 100 W	120	1.1	130.0	360	46.80	1.56
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 175 W	120	1.7	211.0	360	75.96	2.53
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 250 W	120	2.8	307.0	360	110.52	3.68
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 400 W	120	4	477.0	360	171.72	5.72
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 700 W	120	6.6	775.0	360	279.00	9.30
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 1000 W	120	6.6	1,100.0	360	396.00	13.20
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 100 W	208	0.6	129.0	360	46.44	1.55
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 175 W	208	1	210.0	360	75.60	2.52
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 250 W	208	1.6	307.0	360	110.52	3.68
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 400 W	208	2.3	472.0	360	169.92	5.66
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 700 W	208	4.1	775.0	360	279.00	9.30
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 1000 W	208	5.9	1,100.0	360	396.00	13.20
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 100 W	240	0.9	111.0	360	39.96	1.33
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 175 W	240	1.8	194.0	360	69.84	2.33
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 250 W	240	1.7	264.0	360	95.04	3.17
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 400 W	240	2.9	435.0	360	156.60	5.22
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 700 W	240	3.5	775.0	360	279.00	9.30
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 1000 W	240	5.1	1,100.0	360	396.00	13.20
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 100 W	480	0.3	129.0	360	46.44	1.55
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 175 W	480	0.4	212.0	360	76.32	2.54
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 250 W	480	1.1	296.0	360	106.56	3.55
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 400 W	480	1	472.0	360	169.92	5.66
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 700 W	480	1.8	780.0	360	280.80	9.36
LAMP. DE VAPOR/MERCURIO 1000 W	480	2.5	1,095.0	360	394.20	13.14

En caso de uso interno utilizar 180 Horas/mes

#### LAMPARAS DE SODIO USO EXTERNO

Descripción	Voltios	Amperios	Vatios	Hrs/Mes	Kwh/mes	Kwh/día
ALTA PRESION DE SODIO 70W	240	1.4	89.0	360	32.04	1.07
ALTA PRESION DE SODIO 100W	240	1.8	125.0	360	45.00	1.50
ALTA PRESION DE SODIO 310W	240	3.1	340.0	360	122.40	4.08
ALTA PRESION DE SODIO 150W	240	2.3	184.0	360	66.24	2.21
ALTA PRESION DE SODIO 200W	240	2.1	231.0	360	83.16	2.77
ALTA PRESION DE SODIO 250W	240	2.4	298.0	360	107.28	3.58
ALTA PRESION DE SODIO 400W	240	4.1	440.0	360	158.40	5.28
ALTA PRESION DE SODIO 1000W	240	4.9	1,105.0	360	397.80	13.26
ALTA PRESION DE SODIO 70W	480	0.2	88.0	360	31.68	1.06
ALTA PRESION DE SODIO 100W	480	0.3	127.0	360	45.72	1.52
ALTA PRESION DE SODIO 150W	480	0.4	185.0	360	66.60	2.22
ALTA PRESION DE SODIO 200W	480	0.6	239.0	360	86.04	2.87
ALTA PRESION DE SODIO 250W	480	0.7	304.0	360	109.44	3.65
ALTA PRESION DE SODIO 310W	480	0.8	363.0	360	130.68	4.36
ALTA PRESION DE SODIO 400W	480	1	469.0	360	168.84	5.63
ALTA PRESION DE SODIO 1000W	480	2.5	1,109.0	360	399.24	13.31

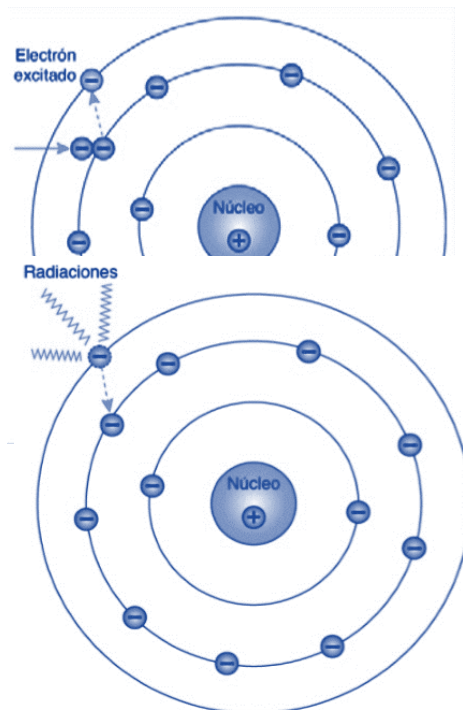
#### 4.4.1 Luminarias de Descarga

La denominación de luminarias se debe a que la luz que producen dichas luminarias se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido y la presión a que esté sometido tendremos diferentes tipos de luminarias, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

#### 4.4.2 Características de las luminarias de Sodio

Es el tipo de luminarias de descarga de gas que usa vapor de sodio para generar luz. Se obtiene por la emisión de producida por el choque de electrones libres contra los átomos del vapor contenidos en el tubo de descarga.

En este proceso los choques producen la excitación de los electrones de los átomos de vapor que pasan a ocupar orbitales de mayor energía, pero cuando los electrones retoman a su órbita natural se produce la emisión de fotones y en consecuencia una generación de radiación lumínica. Estas luminarias son una fuente de iluminación eficaz incluso más que las de mercurio ya que proporcionan una mayor cantidad de lúmenes por wattio. El color de la luz que producen es amarillo brillante.





#### **4.4.2.1 LUMINARIA DE SODIO DE BAJA PRESION**

La luminaria de sodio de baja presión es la más eficiente de las luminarias de descarga debido a que es la que genera más lúmenes por Wattio del mercado, tiene un rendimiento aproximado desde los 140 Lm/W en acorde a su potencia de consumo. Sin embargo tienen un bajo índice de reproducción cromática (IRC).

#### **4.4.2.2 LUMINARIA DE SODIO DE ALTA PRESIÓN**

Esta luminaria es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que proporciona una reproducción de colores mucho mejor que la anterior, aunque no tanto como para iluminar anuncios espectaculares o algo que requiera una excelente reproducción cromática. Sin embargo esta luminaria es menos eficiente que la SBP ya que tiene un rendimiento aproximado de los 100Lm/W hasta los 120 Lm/W de acuerdo a su potencia de consumo.

#### **4.4.3 Ventajas de las luminarias de Sodio.**

- Tiene un menor impacto en la reducción de melatonina en el cuerpo humano cuando es expuesto durante la noche la luminaria con radiación ultravioleta en comparación con otras luminaria de descarga. La carencia de melatonina durante la noche se asocia a la aparición de enfermedades con el cáncer cuando se está expuesto varias horas por la noche y de forma rutinaria. La luz ultravioleta (446-484nm) es la encargada de regular el ciclo ordinario de los seres vivos en la tierra.
- Las luminarias de descarga de alta intensidad, como las de vapor de sodio funcionan bien en ambientes con temperaturas por debajo de los -20 grados celcius.
- Son abundantes en el mercado y se comercializan prácticamente a un costo a un costo accesible
- Tienen una vida promedio desde 1800 hasta 2400 horas, en acorde a su potencia.
- Producen un menor impacto en la reducción de biodiversidad en los entornos naturales situados a menos de 1km de distancia de la luminaria. Estudios indican que las luminarias con radiaciones ultravioleta (Mercurio Alta presión) atraen hasta tres veces más insectos que las de vapor de sodio.

#### 4.4.4 Desventajas de las luminarias de sodio

- Se requiere equipos adicionales para el re encendido en caliente u no tienen estabilización instantánea.
- La reproducción de colores es muy pobre, tienen un bajo índice de reproducción cromática (IRC).
- No son amigables con el Medio ambiente, tienen un alto consumo de energía eléctrica, el CO<sub>2</sub> es un gas de efecto invernadero.
- Hay presencia de radiaciones IR o UV en el haz de luz, lo que conlleva cierto riesgo de decoloración en pigmentos y tejidos por exposiciones prolongadas y rutinarias.
- Tiene altas pérdidas energéticas, en las luminarias de vapor de sodio a baja presión tan solo el 30% de la energía consumida se convierte en luz visible, de igual manera en las luminarias de vapor de sodio a alta presión tan solo se aprovecha un 40% de la energía consumida en luz visible.
- Poca vida útil si se les compara con las luminarias LED. La curva de depreciación luminosa de las luces LED es de un 30% en merma de luz a las 50,000 horas con una caída muy gradual, en promedio. Una bombilla de sodio tiene una curva de depreciación promedio que merma un 10% en las 4000 horas y su curva de mortalidad típica supone que casi un 10% de las bombillas

### Lámparas HID Sodio Alto®

#### Datos técnicos y eléctricos (Sujetos a cambios sin previo aviso)

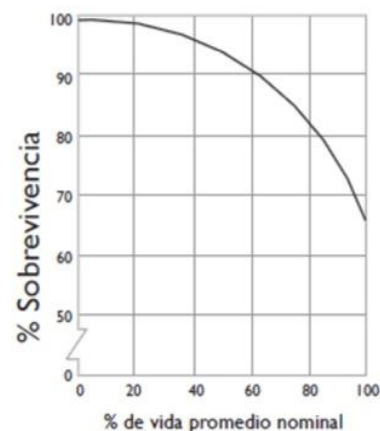
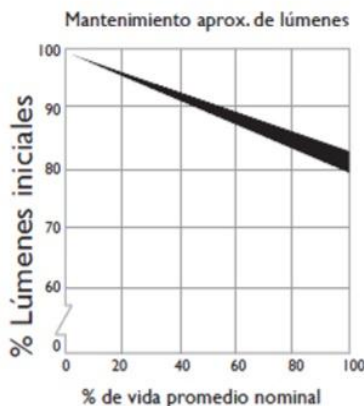
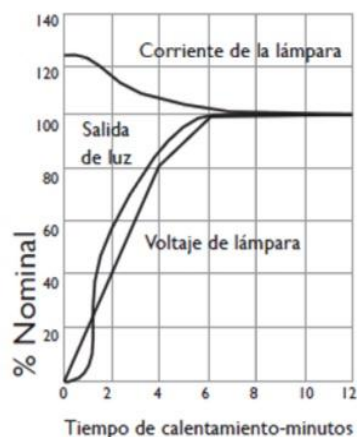
Posición de operación \_\_\_\_\_ Universal  
 Temp. de bulbo (máx.) \_\_\_\_\_ 400°C  
 Temp. de la base (máx.) \_\_\_\_\_ 210°C  
 Factor de cresta \_\_\_\_\_ 1.8  
 Tiempo en que alcanza el 80% de salida luminosa \_\_\_\_\_ 3-4 min.  
 Tiempo de Reencendido \_\_\_\_\_ 1-2 min.

Potencia (Watts)	Bulbo	Base	Clave	Descripción	Código ANSI	Piezas por caja	Acabado	Posición de Montaje	CRI	Long. (mm) máxima	Vida prom. (Hrs.)	Flujo Luminoso	
												Inicial (lumens)	Mantenido* (lumens)
<b>Sodio Alta Presión (ceramalux®)</b>													
35	ED17	E26	306324	C35S76/M	S76HA-35	12	Claro	Universal	21	138	24,000	2,250	2,025
50		E26	303362	C50S68/M	S68LP-50	12	Claro	Universal	21	138	24,000	3,900	3,600
70	E26	331926	C70S62/M	S62LG-70		12	Claro	Universal	21	138	24,000	6,700	5,850
	ED23.5	E39	368696	C70S62/ ALTO	S62ME-70	12	Claro	Universal	21	197	24,000	6,800	5,670
100	ED17	E26	344465	C100S54/M	S54SG-100	12	Claro	Universal	21	138	24,000	9,200	8,550
	ED23.5	E39	368720	C100S54/ ALTO	S54SB-100	12	Claro	Universal	21	197	24,000	10,000	8,460
150	ED17	E26	303479	C150S55/M	S55RN-150	12	Claro	Universal	21	138	24,000	16,500	14,400
	ED23.5	E39	368746	C150S55/ ALTO	S55SC-150	12	Claro	Universal	21	197	24,000	16,000	14,220
250	ED18	E39	368795	C250S50/ ALTO	S50VA-250	12	Claro	Universal	21	248	24,000	28,500	24,300
400		E39	368811	C400S51/ ALTO	S51WA-400	12	Claro	Universal	21	248	24,000	50,000	45,000
1000	E25	E39	368837	C1000S52/ ALTO	S52XB-1000	6	Claro	Universal	21	383	24,000	140,000	126,000
	ED37	E39	323865	C1000S52	S52	6	Claro	Universal	21	292	24,000	125,000	112,000

no alcanzarán 8000 horas.

## **CURVAS CARACTERISTICAS DE LUMINARIAS HID SODIO ALTO**

NOTA\* Las luminarias HID Sodio Alto son marca registrada de Phillips.



## **4.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.**

### **4.5.1 Luminarias LED**

Los LED son básicamente pequeñas ampollitas que se ajustan en un circuito electrónico, y que desprenden luz debido al movimiento de electrones en un material semiconductor (Diodo). El Diodo es el dispositivo semiconductor más simple que existe, se constituye uniendo una sección de un material cargado positivamente, con otra de material cargado en forma negativa, y con electrodos en cada extremo, para de esta forma conduzcan electricidad en la forma de electrones moviéndose libremente en una dirección cuando se aplique un voltaje al diodo.

Los electrones se mueven en serie de orbitas fijas alrededor del núcleo de los átomos. Cuando un electrón absorbe energía extra del voltaje introducido, salta a una órbita superior, y cuando regresa a la órbita inferior, emite la energía extra en forma de fotón.

Los LED están hechos para emitir una gran cantidad de Fotones, el color de la luz de un LED obedece a la cantidad de energía de ese fotón.

#### **4.5.1.1 TIPOS DE LUMINARIAS LED**

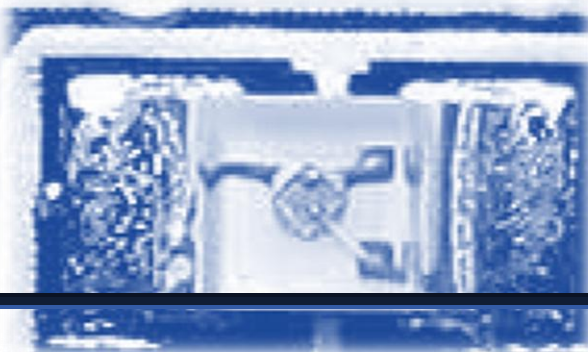
Los Diodos LED se clasifican en cinco variantes:

- **Estándar o común:** Este tipo de Diodo LED es el más comúnmente utilizado en la mayoría de los equipos eléctricos y electrónicos. Su forma más habitual es redondeada o cilíndrica con el extremo superior en forma de bóveda.
- **De alta luminosidad:** Se asemejan mucho a los LEDs comunes, aunque pueden ser de mayor tamaño y sobre todo poseen más intensidad lumínica. Se fabrican también con un casquillo de rosca y bayoneta (Presión) para colocarlos directamente en el portalámparas.
- **Agrupados:** Se componen, generalmente, de dos o más LEDs colocados dentro de una cápsula, lo que permite obtener variedad de colores en la luz que estos emiten. Cuando se agrupan solamente dos LEDs, cada uno de ellos emite un color independiente si se energizan por separado, pero cuando se encienden los dos juntos emiten otro color diferente.
- La combinación más frecuente consiste en integrar uno de color rojo y otro de color verde.

LED tipo “SMD” (Surface Mount Device – Dispositivo de montaje superficial), su

tamaño es de unos 3mm aproximadamente.

Otra variante agrupada es la que se contiene tres LEDs para formar una





triada “RGB” (Red/Rojo-Green/Verde-Blue/Azul) El tipo más común “RGB” iluminación decorativa, pues generalmente se obtienen 16 combinaciones de colores diferentes, incluyendo el blanco.

- **Matrices de LEDs:** Constituyen agrupaciones de LEDs colocadas en varias hileras siendo muy utilizadas en panes informativos alfanuméricos para formar números y letras.

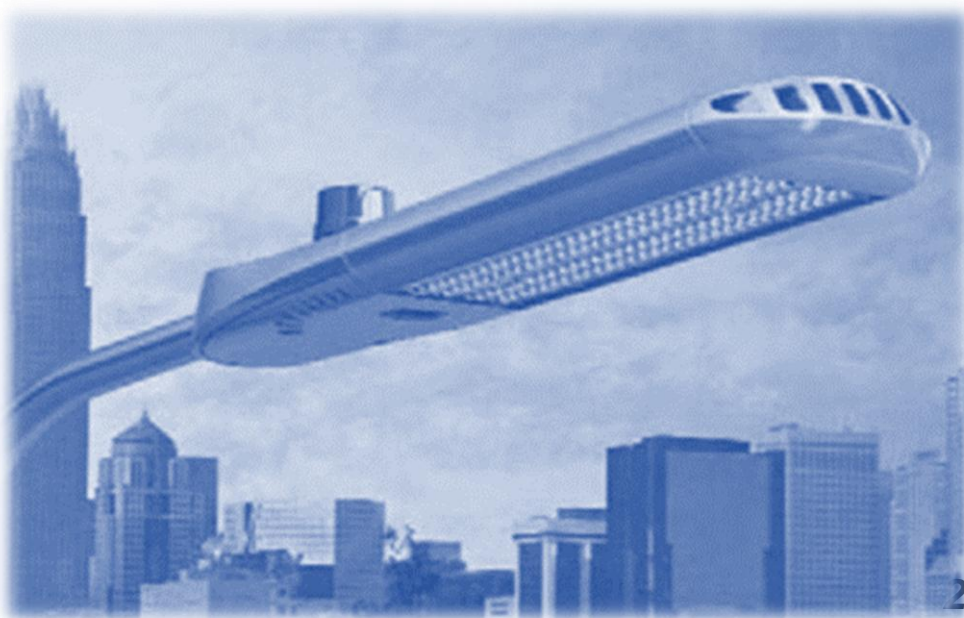
Otra aplicación de las matrices de Diodos LEDs son los “Displays” de 7 segmentos, en algunos equipos de sonido se emplean también matrices de diodos en sustitución del antiguo vúmetro analógico, con la finalidad de medir, de forma digital, los decibeles o niveles de audio, siendo muy utilizado en los mezcladores de sonido.



- **Agrupados como fuente de alimentación:** De un tiempo a esta parte, la tecnología de los Diodos LEDs ha experimentado un gran avance hasta tal punto que actualmente se pueden sustituir las luminarias LED en una gran variedad de aplicaciones de iluminación en general.

#### **4.5.1.2 VENTAJAS DE LAS LUMINARIAS LED**

- M  
a  
y  
o  
r  
e  
f  
i  
c  
i  
e  
n  
c  
i  
a



energética que las luminarias incandescentes y luminarias de descarga.

- Vida útil mucho mayor, hasta 50,000 horas con un 70 por ciento de mantenimiento de su flujo luminoso.
- Ausencia de radiaciones IR o UV en el haz de luz, menos riesgo de decoloración en pigmentos y tejidos.
- Se fabrica en modelos compactos.
- Colores saturados intensos sin necesidad de filtros adicionales.
- Luz dirigida para mejorar la eficacia de sistema.
- Menos Contaminación lumínica por la precisión del control óptico.
- Encendido instantáneo a pleno color y nivel de iluminación.
- Sin las pérdidas de transmisión de los filtros de color.
- Ausencia de metales peligrosos en la fuente luminosa, no contienen componentes ni piezas susceptibles de romperse y contaminar el entorno (Como una bombilla con vapor de sodio o mercurio)
- Funcionamiento con corriente directa de baja tensión, lo que las hace más seguras.

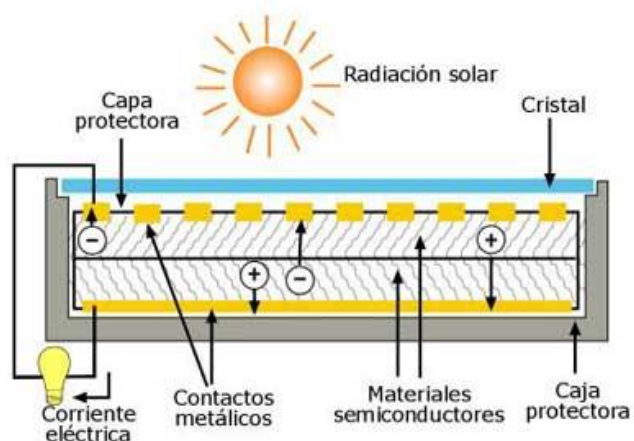
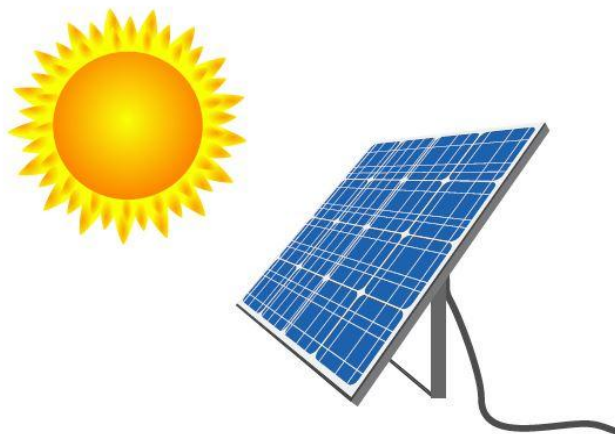
#### **4.5.1.3 DESVENTAJAS DE LAS LUMINARIAS LED**

- Según un estudio reciente indica que las luminarias LED que emiten una luz muy azul pueden se dañinos para la vista y provocar contaminación lumínica.
- Los LED con la potencia lumínica suficiente para la iluminación de exteriores o áreas bastante grandes son relativamente caros.
- Requieren una fuente de alimentación que garantice una corriente eléctrica muy precisa debido a que funcionan con un sistema electrónico de corriente continua
- Por naturaleza los dispositivos de estado sólido son una fuente de armónicos que pueden deteriorar la calidad de la energía en la red de suministros de energía alterna.

#### **4.5.2 Panel Solar Fotovoltaico**

Los Paneles Fotovoltaicos son dispositivos formados por placas semiconductores (Popularmente conocidos como metales) que reaccionan a los rayos solares, que al momento de colisionar con las placas estas desprenden electrones, generando energía eléctrica.

Específicamente el material semiconductor del cual está hecha cada placa es de Silicio Puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos siendo capaces de generar de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios.



Estas celdas se colocan en serie sobre panes o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de Corriente Continua, que se almacena en acumuladores (Bancos de Baterías), para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa pudiendo generar

energía eléctrica incluso en días nublados.

Una de las ventajas de esta tecnología es porque es modular, lo que permite fabricar desde pequeños paneles, útiles para los techos de las casas hasta grandes proyectos de grandes plantas fotovoltaicas que pueden generar gran cantidad de energía. Pero también es una tecnología limpia ya que es renovable e inagotable y no contamina, no emite CO<sub>2</sub> y los gastos de mantenimiento son mínimos.

#### **4.5.2.1 APLICACIONES**

Tradicionalmente estos dispositivos se utilizaban para el suministro de energía eléctrica en lugares donde no era rentable la instalación de líneas eléctricas. Con el tiempo su uso se ha ido diversificando hasta el punto que actualmente resultan de gran interés las instalaciones solares en conexión con la red eléctrica.

La energía fotovoltaica tiene muchísimas aplicaciones, podemos disponer de electricidad en lugares alejados de la red de distribución eléctrica. De esta manera, podemos suministrar electricidad a casas de campo, refugios de montaña, bombeos de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento y sistemas de comunicaciones.

Mediante la tecnología fotovoltaica conectada a la red, una aplicación que consiste en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica, hay compañías que distribuyen energía eléctrica a casas o empresas, como ocurre actualmente en países como España, Alemania o Japón. Estas compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por estas centrales fotovoltaicas, que puede ser una casa.



#### **4.5.2.2 TENSIONES DE LOS PANELES DE ACUERDO A SUS CÉLULAS.**

Paneles 30 células ->Tensión nominal=12V y Tensión de circuito abierto=18V

Paneles 36 células ->Tensión nominal=12V y Tensión de circuito abierto= 21V

Paneles 48 células ->Tensión nominal=18V y Tensión de circuito abierto=30V

Paneles 54 células ->Tensión nominal=18V y Tensión de circuito abierto= 33V

Paneles 60 células ->Tensión nominal=24V y Tensión de circuito abierto=36V

Paneles 72 células ->Tensión nominal=24V y Tensión de circuito abierto=42V



Paneles 120 células ->Tensión nominal=48V y Tensión de circuito abierto=72V

Paneles 144 células ->Tensión nominal=48V y Tensión de circuito abierto=84V

#### **4.5.2.3 VENTAJA DE GENERACION ELECTRICA CON PANELES**

- Al estar hablando de la generación energía con paneles solares podemos afirmar que es una fuente inagotable. Es decir, se trata de una energía renovable que proviene de una fuente inagotable que es el sol, por lo que no hay que preocuparse porque se vaya acabando, al menos no en muchos millones de años.
- Los Paneles son sistemas de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas), o es dificultoso y costoso su traslado.
- Se ahorrará dinero a medida que la tecnología va avanzando, mientras que el costo de los combustibles fósiles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez son más escasos.
- La única inversión es su costo, pues no requiere de ningún combustible para su funcionamiento, y se pueda amortizar a los 5 años de su implantación.
- Estos Paneles no requieren ocupar ningún espacio adicional, pues puede instalarse simplemente en tejados, edificios, paredes, postes, soportes etc.
- Es un tipo de generación de energía que está en alza. Cada vez más gente apuesta por este tipo de energía para abastecer sus hogares, y los gobiernos y empresas parece que, poco a poco, comienzan a darse cuenta de la importancia de apostar por fuentes de energía limpias y alternativas.

#### **4.5.2.4 DESVENTAJA DE GENERACIÓN ELECTRICA CON PANELES**

- Pero además, el nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra, y lo mismo ocurre entre una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor.
- Los paneles solares todavía no son capaces de ser o suficientemente eficientes, o al menos, podrían serlo mucho más. Cada vez hay soluciones más avanzadas en este aspecto, pero lo cierto es que para que los paneles solares sean eficaces todavía se depende mucho de la

zona donde se coloquen, es decir, están limitados a zonas con gran incidencia de los rayos solares.

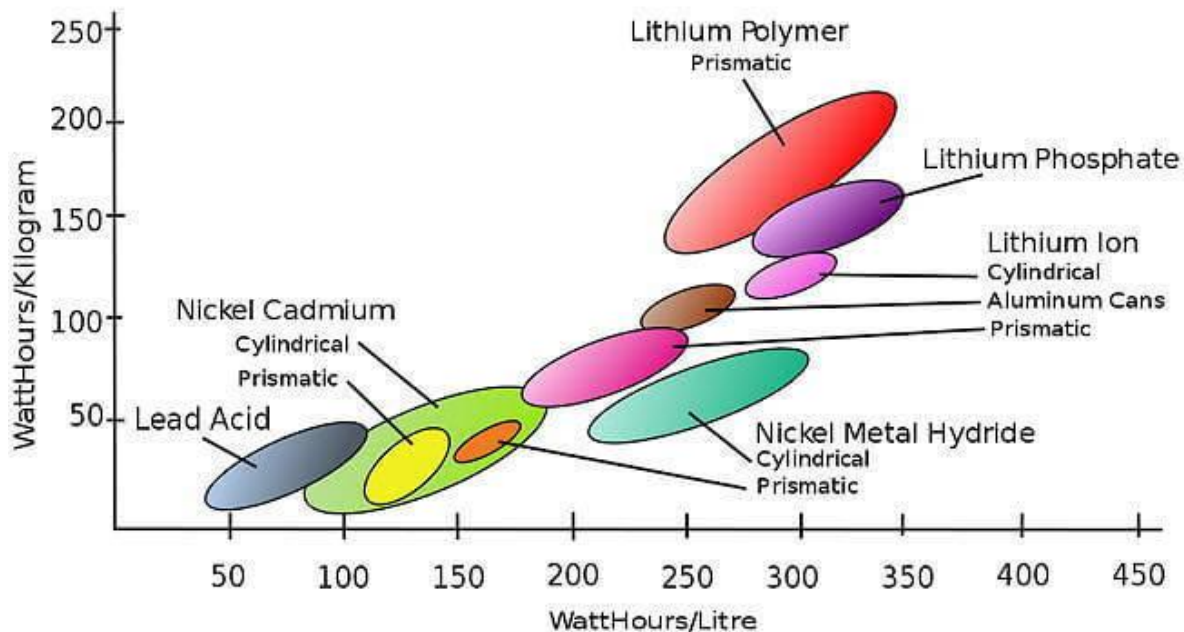
- Además, otra de las desventajas, es que inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse. Sin embargo, también es cierto que, a otros niveles, este desembolso inicial en unos pocos paneles solares se suele recuperar en un plazo que ronda los 5 o 7 años.

#### ***4.5.3 Batería almacenadora de Energía***

Balancear la energía entre la producción y el uso es imprescindible. Hay muchas formas como almacenar la energía, en sistemas pequeños las más usadas son baterías a base de plomo (acumuladores). Otros tipos de baterías, sobre todo los de Ion de Litio (Li-Ion) están en desarrollo y pueden cada vez más sustituir las de plomo.

Baterías de plomo pueden ser consideradas el talón de Aquiles de los sistemas tipo 'isla', estos sistemas que no son conectadas a la red. Baterías representan gran parte de la inversión pero tienen frecuentemente la vida más corta de toda la instalación. Además, baterías tienen riesgos importantes por ejemplo para la salud y el medio ambiente; reducir la frecuencia de cambiarlas contribuye significativamente a disminuir estos peligros.

Todas las baterías funcionan bien al inicio, las diferencias se muestran en su expectativa de vida. Hay baterías que pueden durar más de veinte años y otras, bajo las mismas condiciones, duran menos que dos. Hay que preguntarse entonces ¿de qué sirve una batería que cuesta la mitad pero dura solamente muy poco tiempo?



La gráfica en la parte inferior muestra las diferentes tecnologías de baterías comparando sus capacidades en relación a su peso (eje vertical) y su volumen (eje horizontal). Las baterías de ion de litio como las usadas en celulares y computadoras son superiores.

El tipo común más utilizado **en sistemas solares son baterías de plomo** parecido a los que se usan en autos y camiones, pero son optimizadas para una aplicación diferente. Importante en los carros es la disponibilidad de mucha energía durante un tiempo muy corto, principalmente para arrancar el motor. Este alto flujo de amperes necesario se logra con capas de plomo delgadas.

En sistemas solares y eólicas las baterías tienen que dar la energía sobre un tiempo relativamente largo y frecuentemente se descargan a niveles más bajos. Estas baterías de tipo ciclo profundo tienen capas de plomo gruesas que además brindan la ventaja de significativamente prolongar su vida. Estas baterías son relativamente grandes y pesadas por el plomo. Son compuestas de celdas de 2 voltios nominales que se juntan en serie para lograr baterías de 6, 12 o más voltios.

Hay que diferenciar entre baterías para el uso cíclico (cargar y descargar diariamente) y las baterías para el uso en sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS). Estas solamente entran en función cuando hay un fallo de electricidad, pero normalmente son llenas. Internamente son diferentes, por ejemplo varía el porcentaje de amonio en el ácido. Baterías para el uso en UPS frecuentemente no aguantan el uso cíclico en sistemas de energías renovables.

#### **4.5.3.1 TIPOS DE BATERIAS DE PLOMO UTILIZADAS**

Se usan en la mayoría dos diferentes tipos de baterías de plomo:

1. **Baterías Líquidas** son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en versión abierta con tapas que dejan sustituir el agua o en versión 'libre de mantenimiento' que son cerradas, pero con válvulas



para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en la realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan. Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo Cero pueden destruirlas rápidamente.

2. **Baterías tipo VRLA** (abreviación del inglés: Valve Regulated Lead Acid battery). Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno y hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas.

**Baterías de Gel.** En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menores afectadas en casos de descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y llevan un precio mayor. Estas baterías, por su larga vida, se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación.

**Baterías tipo AGM.** En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas')

por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permite corrientes altas. Desventaja, aparte del precio, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas. La vida puede variar considerablemente según calidad.

#### **4.5.3.2 VIDA DE BATERIAS PARA APLICACIONES SOLARES**

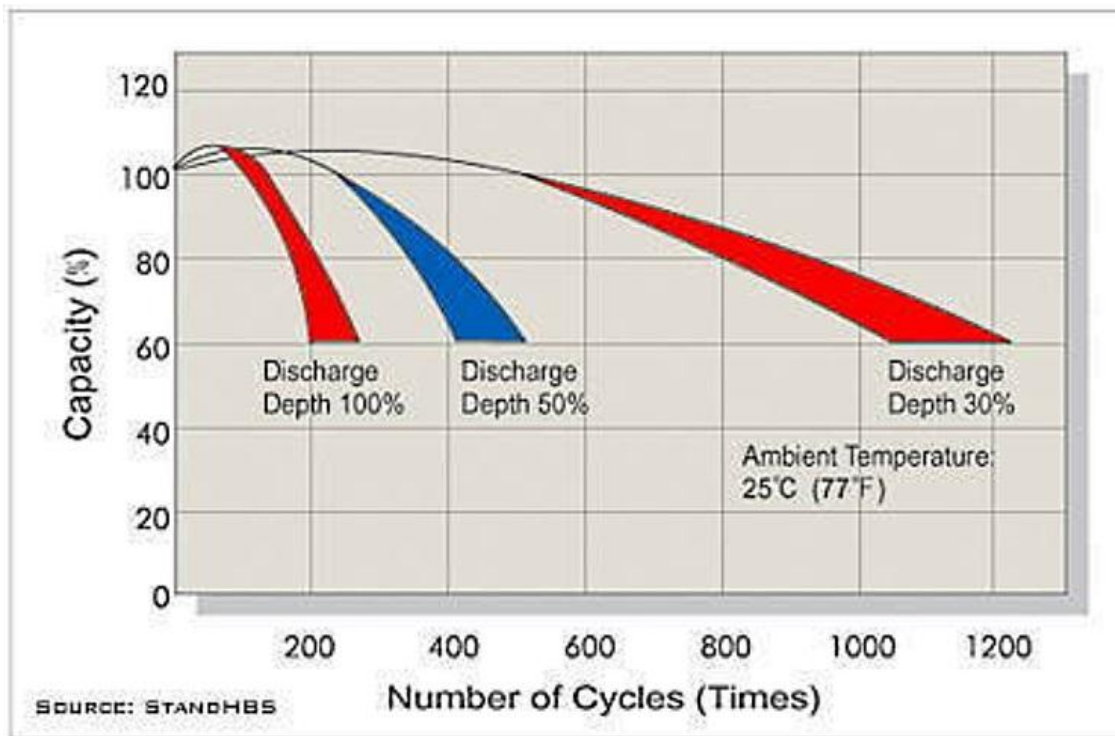
La vida de las baterías se mide en la cantidad de ciclos de cargar y descargar que se determinan a cierta profundidad de descarga a una temperatura específica (normalmente a 20 o 25°C). Traducida en años, y asumiendo un ciclo por día, baterías de calidad en un ambiente normal, que no se descargan excesivamente y se carga correctamente, tienen una vida de por lo menos seis años, ocho a diez años es común y hay baterías industriales que después de 20 años todavía mantienen una capacidad de 80%. Aparte de la calidad de la fabricación y del tipo, la vida depende sobre todo de su manejo correcto.

Con el uso difícil a controlar, no sorprende que los fabricantes prefieren no ofrecer garantías largas.

Baterías representan una de las más costosas partes en sistemas solares y eólicos no conectados a la red y son la única parte a reemplazar periódicamente. Su vida, que depende en gran parte de un manejo adecuado, afecta directamente la economía del sistema (y el medio Ambiente). En este link detallamos algunos aspectos sobre la utilización correcta de baterías, que frecuentemente no recibe la atención adecuada.

#### **4.5.3.2 CONDICIONES QUE DETERMINAN LA VIDA DE BATERIAS**

La mayoría de baterías de carros viven menos de 200 ciclos si se descarga regularmente a 50% de su capacidad. Baterías liquidas de ciclo profundo (incluso las 'selladas') son capaces de 400 ciclos, baterías de AGM y de Gel superan fácilmente 800 ciclos. Hay baterías para el uso industrial que pueden manejar bajo buenas condiciones más de 10,000 ciclos. Todas las baterías a base de plomo necesitan (quizás como humanos) una buena alimentación (carga). Baterías de calidad, siempre llenas, sin sobrecargarlas, pueden vivir 10 años o más.



Si se descargan frecuentemente en forma profunda (aunque el término 'ciclo profundo' sugiere diferente), mueren más rápidas. La ilustración a la izquierda muestra la profundidad de descarga versus el número de ciclos. Mantenerlos sin 'alimento' (carga) sobre un tiempo prolongado es su fin.

En la práctica es importante instalar suficiente capacidad para no descargar las baterías a menos de 50% de su valor nominal. (Nota: también se necesita suficiente capacidad de paneles solares o del aerogenerador para cargarlas por completo). Tener suficiente capacidad instalada además tiene el importante beneficio de aumentar las reservas por ejemplo para los días con poco sol o viento y para situaciones de emergencias cuando de repente se necesita más luz. Entonces, dependiendo de la necesidad de electricidad, es importante calcular un balance óptimo para la capacidad instalada. A lo largo es económicamente más favorable invertir en buenas y suficientes baterías.

**Lamentablemente** mucha gente prefiere ahorrar en baterías con la sorpresa más adelante de baterías muertas en poco tiempo. La entonces expresada opinión que las baterías son malas frecuentemente no es correcto, era su uso inapropiado - en su mayoría descargas profundas.

### Temperatura: Factor Decisivo para la vida de Baterías

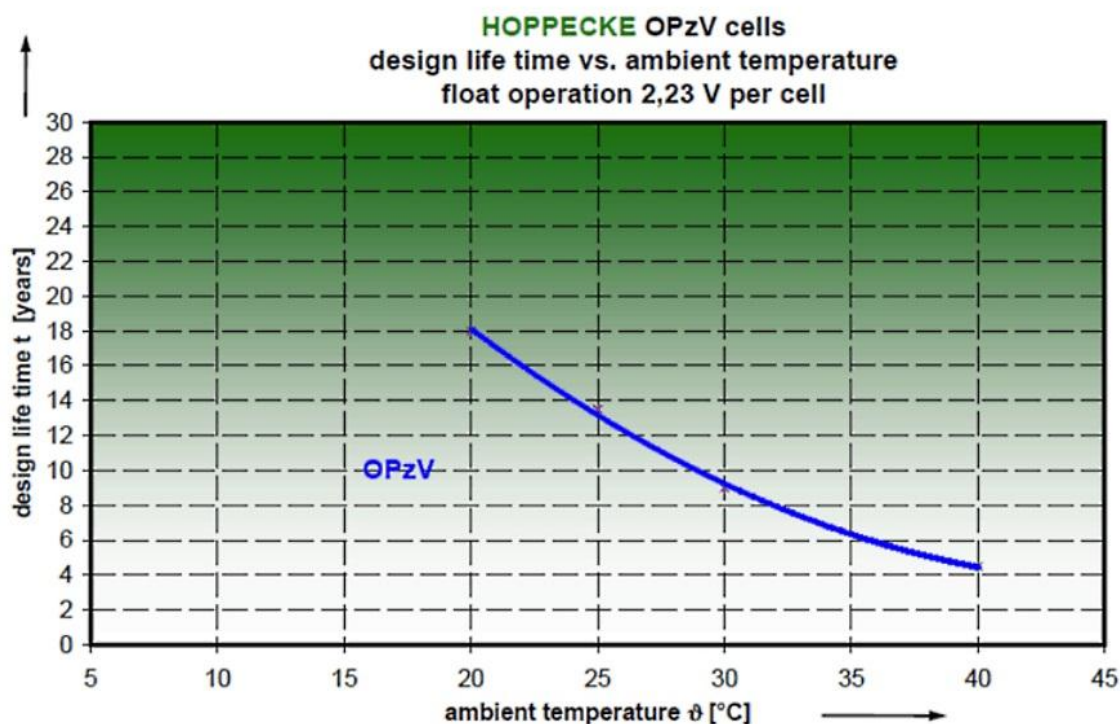


La temperatura tiene gran influencia sobre la batería. No quieren el frío, ni el calor: una temperatura entre 20 y 25°C es lo óptimo para una batería en uso.

A más alta temperatura, la vida es más reducida. Una temperatura 10 grados arriba de 25°C puede cortar la vida por la mitad! La gráfica a la derecha ilustra este fenómeno.

Por otro lado la capacidad de almacenar energía disminuye en temperaturas bajas, pero no reduce la vida. Entonces para una batería sin uso, es preferible mantenerla a una temperatura más baja, pero sin congelarla!

La temperatura también influye como cargar una batería. Con el aumento de la temperatura hay que disminuir el voltaje para evitar una gasificación, pero todavía asegurando una carga por completo. Por eso, todos los controladores buenos tienen una compensación de temperatura incorporada. Recordamos que una gasificación en baterías selladas (libre de mantenimiento) no es recuperable: el



líquido se pierde por las válvulas sin tener la posibilidad de rellenarlas.

#### **4.5.3.3 EFICIENCIA DE LAS BATERIAS PARA USO SOLAR**

La capacidad de las baterías varía según tipo, su calidad de construcción, la temperatura, vejez, y el estado de descarga. Una batería descargada con una

corriente alta en poco tiempo tiene menos capacidad que la misma descargada con una corriente pequeña sobre un tiempo prolongado. Normalmente los fabricantes de baterías indican la capacidad de la batería descargada sobre 24 horas (C24), pero algunos miden la capacidad hasta 100 horas (C100) y así indican un valor comparativo más alto de la competencia.

Más importante es la diferencia entre la cantidad de energía que entra en la batería (cargando) y la que es disponible en la batería (descargando). Esta eficiencia de Coulomb (también conocido como eficiencia de Faraday) es en baterías normales de plomo entre 70 y 85%. Significa por ejemplo que de 100Ah usados para cargar la batería, solamente entre 70 y 85Ah son disponibles, el resto de la energía se pierde principalmente en calor y el proceso químico. Las baterías de buena calidad, sobre todo los de tipo AGM, pueden tener una eficiencia hasta 95%. Esta pérdida frecuentemente se olvida en la planificación de sistemas con baterías.

#### ***4.5.4 Regulador de Carga***

El regulador solar o regulador de carga es un dispositivo necesario en la instalación solar ya que se encarga de controlar la entrada a las baterías de la energía generada en los paneles solares.

##### **CLASES DE REGULADORES CONOCIDOS**

Para intensidades pequeñas, el de tipo reguladores shunt o paralelos == >Para intensidades elevadas, los reguladores serie

Reguladores de doble circuito

Reguladores de dos niveles de carga

Reguladores Multietapa El objetivo de todos es el mismo pero se diferencia en su forma de operación, forma de trabajo, forma de funcionamiento y obviamente en el precio.

**Existen 2 tipos de reguladores de carga común mente utilizados, el PWM o convencional, y el MPPT o maximizador.**

##### **4.5.4.1 COMÓ FUNCIONA EL REGULADOR DE CARGA**

El regulador permite por un lado, alargar la vida de la batería y por el otro, obtener información y parámetros del funcionamiento de la instalación. Permite alargar la vida de las baterías ya que permite el paso de la electricidad según el estado en que se encuentre la batería en cada momento. Por ejemplo, cuando esta esté a un



nivel de carga inferior al 95%, permitirá el paso libre de toda la electricidad con el objetivo de cargarla cuanto antes posible. Mientras que si se encuentra en un porcentaje de carga del 95 al 99%, permitirá el paso de forma muy controlada que es lo que llamamos carga de flotación, con el fin de llenar al máximo la batería. Por otra parte, si la batería se encuentra completamente cargada, cortará el paso de corriente para evitar sobrecargas o un sobrecalentamiento del acumulador. Gracias a realizar la carga de esta forma, se evitan problemas en las baterías solares y se alarga al máximo sus años de vida.

### **Cuando se carga a "full" la batería**

Una vez que la batería está cargada y el panel sigue aportando energía, esta batería ya no puede seguir almacenando por estar totalmente llena. Aquí actúa el circuito de control automático del regulador haciendo disipar gracias a los diodos y disipadores de calor.

En otras palabras: Cuando la tensión en los bornes de la batería alcanza, durante la carga, el nivel establecido, los circuitos que controlan el relé en este controlador abren o sea desconectan el interruptor, por lo tanto dejan a la batería separada del módulo fotovoltaico. Ya los paneles no pueden cargar a la batería. Una vez que la batería se descarga hasta un nivel calculado, el relé cierra el contacto o interruptor procediéndose a continuación a cargarse de nuevo la batería sin problemas, es decir se ha vuelto a conectar los paneles con la batería.

### **Cuando no hay fuente de energía (el sol) por más de dos días**

Se da el caso en que se presentan 2 ó más días sin sol. Como se requiere de energía eléctrica, es la batería la única como componente del sistema para dar vida y no parar las actividades especialmente de noche.

La batería tiene la obligación de alimentar energía únicamente a la carga o al inversor o regulador antes de llegar a una carga instalada, llámese TV, refrigeradora, radio etc.

Para ello y no hacer que la energía se vuelva a los paneles, actúan los famosos DIODOS DE BLOQUEO. Se bloquea con un diodo. ES DECIR EL CONTROLADOR ESTA EVITANDO CON ELLO que la energía se vaya hacia el panel fotovoltaico, pero sin separase del panel pero sí bloqueado gracias al diodo.

Es bueno recalcar que el relé en el registrador/controlador está sincronizado con la tensión aportada del panel fotovoltaico de tal manera que si no hay suficiente energía del panel, éste, el relé se abre (desconecta). Ésto mismo se cumple por las noches. También los diodos de bloqueo cumplen buen papel en abrirse (bloquear) o cerrarse automáticamente.

#### **4.5.4.2 TIPOS DE REGULADORES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES**

La elección de la tecnología de la carga depende del tipo de paneles que tenemos o que queremos instalar tanto el banco de baterías. El controlador PWM normalmente cuesta menos de un regulador MPPT, pero el MPPT controlador es capaz de explotar al máximo una tensión fotovoltaico grupo muy por encima del banco de baterías y por lo tanto permite producir más energía en comparación con un regulador PWM. Si el voltaje del panel es ligeramente mayor que la de la batería (caso típico de un panel a 12V y 12V celdas de la batería 30), se recomienda el regulador PWM porque tiene un rendimiento diario en este caso MPPT similares.

Los paneles y las baterías	Regulador
Paneles 36 celdas y baterías 12V	Mppt
Paneles 48 celdas y baterías 12V/24V	Mppt
Paneles 54 celdas y baterías 12V/24V	Mppt
Paneles 72 celdas y baterías 12V/24V	Mppt
Paneles 144 celdas y baterías 48V	Mppt
Paneles 30 celdas y baterías 12V	Pwm
Paneles 60 celdas y baterías 24V	Pwm
Paneles 120 celdas y baterías 48V	Pwm

#### **4.6 IMPACTO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA SOBRE LOS PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES**

- **CLIMA:**

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce contaminación térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezcan el efecto invernadero.

- **GEOLOGÍA:**

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

- **SUELO:**

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosión es nula.

- **AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS:**

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

- **FLORA Y FAUNA:**

La repercusión sobre la vegetación es nula y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

- **PAISAJE:**

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

- **RUIDOS:**

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

- **MEDIO SOCIAL:**

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

A continuación en esta sección se desarrollará paso a paso toda la metodología planteada en el protocolo. Tomando en cuenta todo los cálculos de estudio de contraste de ambos tipos de Iluminación en la ciudad de Managua y plantear la ventaja técnica eléctrica de la iluminación Pública fotovoltaica para un ahorro energético considerable en el sistema de distribución eléctrica. Se procederá a plantear cada y uno de los pasos a seguir en esta investigación de manera secuencial e individual.

Presentando este proyecto, está perfilado para hacer una sustitución completa del alumbrado público, sabemos que el número de postes de alumbrado público distribuido en toda Managua es de 35,977. Pero normalmente en todo comienzo de un proyecto de sustitución a sistema fotovoltaico a escalas mayores se inicia desde un punto de partida menor como una zona en especifica cómo se mencionó anteriormente el estudio se pretende implementar en el Puerto Salvador Allende en la Capital de Managua, por su ubicación estratégica y despejada respecto a los beneficios de la radiación solar, un lugar turístico público y seguro con un Total de con un total de 89 luminarias como punto de partida, implementando un sistema fotovoltaico con una longevidad aproximada de 25 años

### **5.1 ESTUDIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO CONVENCIONAL EN MANAGUA**

Mediante un estudio concreto del consumo energético del alumbrado público convencional establecimos dos tipos de estudios, esto se debe a que en la ciudad de Managua ha sido largo el periodo de uso de luminarias de Mercurio y Sodio de Alta Presión para el alumbrado público pero en los últimos dos años 2015 y este 2016 últimamente la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL) ha adoptado el implemento de luminarias ahorrativas con Tecnología LED en sustitución de las de Sodio de Alta Presión para una reducción del consumo energético destinado para alumbrado de ciertos sectores de la ciudad como lo es Carreteras principales, Avenidas principales, Parques, zonas de los 150 barrios de Managua.

Según cifra provista por Salvador Mansell, presidente de ENATREL, mediante proyecto y acuerdo de PNSER con la empresa distribuidora se dieron a la tarea de encargarse del alumbrado público de Managua de las sesenta mil luminarias que hay a nivel nacional, se proyecta cambiar 22 mil por luminarias eficientes lo largo del tiempo, distribuidas en los Distritos de Managua. Según información del Instituto Nicaragüense de Energía (INE), en los nueve municipios de Managua hay 43,693 luminarias públicas, de las cuales solo 35,977 están ubicadas en la capital de las cuales **en la actualidad se han implementado 12,201 luminarias LED y la cifra restante 23,776 son de Sodio Alta Presión.**

### **5.1.1 Análisis del consumo de Potencia nominal y real en luminarias de alumbrado público**

Es vital importancia tener en cuenta, para un estudio de consumo, las diferencias existentes en la energía consumida asumiendo datos nominales en contraste con la energía consumidos de manera “real” y para esto es importante hacer plantear un estudio previo de laboratorio de potencia eléctrica para la luminaria en su totalidad así como el bombillo de esta para establecer en concreto la potencia que consume el resto de elementos que componen la luminaria en conjunto.

Información del Certificación de Parámetros Eléctricos de la Universidad Nacional de Ingeniería, los resultados aquí presentados están debidamente documentados de manera teórica y práctica utilizando equipos de verificación de Redes Eléctricas trifásicos, portátiles marca FLUKE. Modelo 43B. Localizados en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la misma universidad

Todo resultado fue obtenido a partir de medición a las luminarias suministradas y a petición formal por parte de la empresa de distribución eléctrica DISNORTE-DISSUR en conjunto la empresa ENATREL, actualmente en cargada de la iluminación pública Esta muestra se recibió en el Laboratorio de Control de la Facultad de Electrotecnia y Computación, y constaba de las siguientes luminarias:

No.-	Código	MLC	TBL	PNB(W)
1	L15	S/M	Sodio	
2	LN2	S/M	Sodio	
3	LN10	S/M	Mercurio	1.5
4	L10	S/M	Mercurio	1.5
5	L14	S/M	Sodio	1.5
6	LN5	S/M	Sodio	1.5
7	L2	S/M	Mercurio	1.5
8	L5	S/M	Mercurio	1.5
9	LN9	S/M	Mercurio	1.5
10	LN8	S/M	Sodio	2.5
11	L8	S/M	Mercurio	2.5
12	LN11	S/M	Mercurio	2.5
13	L3	S/M	Sodio	2.5
14	L9	S/M	Mercurio	2.5

Tabla 1.0 Consumo real Luminarias de Sodio

MLC: Marca de Luminaria o Carcasa  
TBL: Tipo de Bombillo de la luminaria  
PNB: Potencia Nominal del Bombillo en Vatios  
MBAE: Marca del Balastro Eléctrico  
MBL: Marca del Bombillo de Luz

#### Resultado de los análisis

EXISTE Y ES MEDIBLE la potencia activa de consumo de los Balastros Eléctricos (PCBE). Este consumo de Potencia activa del Balastro Eléctrico, es la diferencia que existe entre la Potencia Activa Total Medida de la Luminaria (PML) y la Potencia Activa Medida en el Bombillo (PMB), DPC (Diferencia de Potencia Activa Consumida en Vatios).

El Factor de Potencia es alto, para todas aquellas luminarias que utilizan Capacitores conectados para el arranque de las mismas, pues cumplen dos funciones, arranque rápido y corrección del factor de potencia. El FP varía entre un mínimo de 0,92 a un máximo de 0,99, para un promedio de 0,955

El factor de potencia es bajo, para todas aquellas luminarias que no utilizan Capacitores. El FP de estas luminarias varía desde un mínimo de 0,59 a un máximo de 0,66, para un promedio de 0,613

A continuación, mostramos entonces, cuáles serían los valores de potencia consumida para cada uno de los balastros eléctricos, por Marca y Potencia Nominal de Luminaria.

Tabla 1.1 Consumo real Luminarias de Sodio

No.-	Código	TBL	PNB(W)	MBAE
1	L15	Sodio	70	Green Light
2	LN2	Sodio	70	Jadco
3	LN10	Mercurio	125	Green Light
4	L10	Mercurio	125	Sylvania
5	L14	Sodio	150	Advance
6	LN5	Sodio	150	Universal
7	L2	Mercurio	175	Green Light
8	L5	Mercurio	175	Sin Marca
9	LN9	Mercurio	175	Green Light
10	LN8	Sodio	250	Green Light
11	L8	Mercurio	250	Green Light
12	LN11	Mercurio	250	Green Light
13	L3	Sodio	250	Green Light
14	L9	Mercurio	250	Sin Marca

MLC : Marca de Luminaria o Carcasa  
 TBL : Tipo de Bombillo de Luminaria  
 PNB : Potencia Nominal del Bombillo en Vatios  
 MBAE : Marca del Balastro Eléctrico  
 MBL : Marca del Bombillo de Luz  
 PML : Potencia Medida en la Luminaria en Vatios  
 PMB : Potencia Medida en el Bombillo en Vatios  
 PCBE: Potencia Consumida en el Balastro Eléctrico

Con las mediciones establecidas en la tabla anterior, podemos asegurar que el Consumo de Energía por Hora (W-hora) del balastro eléctrico en cada luminaria es:

**Tabla 1.2 Consumo real Luminarias de Sodio**

					Consumo de Energía Medida En Luminaria (Wh)	Consumo de Energía Medida en el Bombillo (Wh)	Consumo de Energía del Balastro Eléctrico (Wh)
No.-	Código	TBL	PNB(W)	MBAE	CEML	CEMB	CEBE (Wh)
1	L15	Sodio	70	Green Lighting	97wh	71,3wh	<b>25,7 Wh</b>
2	LN2	Sodio	70	Jadco	80wh	70wh	<b>10wh</b>

3	LN10	Mercurio	125	Green Lighting	145wh	125,3wh	<b>19,7wh</b>
4	L10	Mercurio	125	Sylvania	128,3wh	125,6wh	<b>2,7wh</b>
5	L14	Sodio	150	Advance	177,6wh	152wh	<b>25,6wh</b>
6	LN5	Sodio	150	Universal	169,6wh	150wh	<b>19,6wh</b>
7	L2	Mercurio	175	Green Lighting	206wh	166,5wh	<b>39,5wh</b>
8	L5	Mercurio	175	Sin Marca	220wh	180wh	<b>40wh</b>
9	LN9	Mercurio	175	Green Lighting	201wh	176,3wh	<b>24,7wh</b>
10	LN8	Sodio	250	Green Lighting	310wh	270wh	<b>40wh</b>
11	L8	Mercurio	250	Green Lighting	261wh	224,2wh	<b>36,8wh</b>
12	LN11	Mercurio	250	Green Lighting	289,6wh	261,3wh	<b>28,3wh</b>
13	L3	Sodio	250	Green Lighting	285wh	236,6wh	<b>48,4wh</b>
14	L9	Mercurio	250	Sin Marca	300wh	280wh	<b>20wh</b>

MLC: Marca de Luminaria o Carcasa  
 TBL: Tipo de Bombillo de la Luminaria  
 PNB: Potencia Nominal del Bombillo en Vatios  
 MBAE: Marca del Balastro Eléctrico  
 MBL: Marca del Bombillo de Luz  
 CEML: Consumo de Energía Medida en la Luminaria  
 CEMB: Consumo de Energía Medida en el Bombillo  
 CEBE: Consumo de Energía en el Balastro Eléctrico



### **5.1.2 Estudio Específico de consumo energético de alumbrado público convencional (Puerto Salvador Allende)**

El Puerto Salvador Allende. Lugar clasificado según el INE como Industria Turística donde se encuentra cercana a la Línea Troncal Aérea de Media Tensión LNI1320 A 13.8kV de la cual se deriva un racimo de la línea monofásica a 7.920 kV que energiza los puntos de transformación existentes en el puerto. La Línea directa de Baja Tensión de cada centro de Transformación cada uno se deriva para alimentar un total de 113 Luminarias (Luminarias de Sodio de Alta Presión de 150Watt c/u) distribuidas en lotes de parqueo y calles transitables. La cantidad de Luminarias en conectada a cada Transformador es:

- 39 luminarias para el Transformador Código 3026\_100275.
- 39 Luminarias para el Transformador Código 3026\_100277
- 35 Luminarias para el Transformador Código 3026\_100279

Para las luminarias instaladas en el puerto, tomando en cuenta las 4 etapas existentes del Puerto, hay exactamente 3 transformadores exclusivo para Iluminación de 10kVA.

Mediante el registro de consumo de los medidores digitales conectados aguas arriba del seccionador fusible de expulsión, mide el consumo de las derivaciones, y en base al registro historial de consumo promedio.

A continuación se presenta el registro histórico de los transformadores de Alumbrado Público en el Puerto Salvador Allende. Mediante el registro de consumo de los medidores digitales conectados aguas arriba del seccionador fusible de expulsión, mide el consumo de las derivaciones, y en base al registro historial de consumo promedio.

Mes/Año	Cod. Transf.	No. Medidor	kWh
sep-15	3026-100275	10124947IT	6,928.90
	3026-100277	10124949IT	6,918.40
	3026-100279	10124951IT	6,216.00
nov-15	3026-100275	10124947IT	6,651.74
	3026-100277	10124949IT	7,125.95
	3026-100279	10124951IT	6,526.80
ene-16	3026-100275	10124947IT	7,480.51



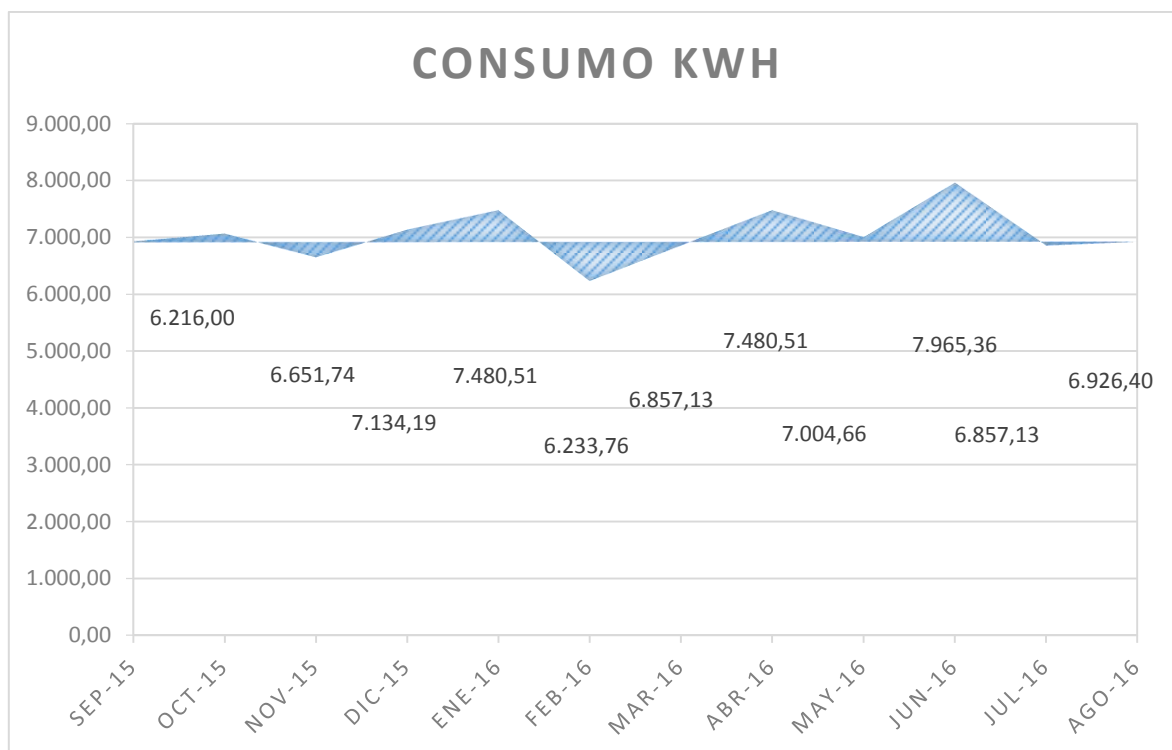
	3026-100277	10124949IT	7,411.24	Mes/Año	Cod. Transf.	No. Medidor		kWh
	3026-100279	10124951IT	6,713.28					
mar-16	3026-100275	10124947IT	6,857.13	oct-15	3026-100275	10124947IT	7,064.92	
	3026-100277	10124949IT	6,787.87		3026-100277	10124949IT	6,995.66	
	3026-100279	10124951IT	6,153.84		3026-100279	10124951IT	6,961.92	
	3026-100275	10124947IT	7,004.66	dic-15	3026-100275	10124947IT	7,134.19	
may-16	3026-100277	10124949IT	7,134.19		3026-100277	10124949IT	6,857.13	
	3026-100279	10124951IT	6,402.48		3026-100279	10124951IT	6,340.32	
jul-16	3026-100275	10124947IT	6,857.13	feb-16	3026-100275	10124947IT	6,233.76	
	3026-100277	10124949IT	6,441.55		3026-100277	10124949IT	6,095.23	
	3026-100279	10124951IT	5,718.72		3026-100279	10124951IT	6,651.12	
				abr-16	3026-100275	10124947IT	7,480.51	
					3026-100277	10124949IT	7,341.98	
					3026-100279	10124951IT	5,843.04	
				jun-16	3026-100275	10124947IT	7,965.36	
					3026-100277	10124949IT	7,619.04	
					3026-100279	10124951IT	6,837.60	
				ago-16	3026-100275	10124947IT	6,926.40	
					3026-100277	10124949IT	6,926.40	
					3026-100279	10124951IT	6,216.00	

**Tabla 2.1 Consulta: agosto2016.**  
**Instituto nicaragüense de energía.**

De manera gráfica el  
energético de iluminación  
presenta:

**Grafico 1.0 Consumo mensual**

consumo  
del Puerto se



El Consumo promedio de energía es la suma de todos los consumos mensuales que registraron los medidores durante la cantidad de meses que duro dicho período. En nuestro caso a 12 meses) de Julio 2015 a Agosto 2015.

Código del Transf.	3026-100275	3026-100277	3026-100279
kWh Promedios	7,048.77 kWh	6,971.22 kWh	6,381.76 kWh

Para un censo de carga tomamos en cuenta la cantidad de luminarias de Sodio de Alta presión conectadas a cada transformador, multiplicándolas la potencia consumida de cada luminaria.

**TABLA 2.2 DATOS TÉCNICOS DE LUMINARIA DE ALUMBRADO PÚBLICO**

INSTALACIÓN:	Alumbrado Público (Puerto Salvador Allende)	TIPO DE LUMINARIA:	Sodio Alta Presión
TIPO DE LUMINARIA (Marca):	COBRA HEAD (Sylvania)	POTENCIA Nom:	150Watt
POTENCIA REAL CONSUMIDA:	177.6Watt	ALTURA DE MONTAJE:	10m
SEPARACION ENTRE LUMINARIAS:	50m	TENSIÓN NOMINAL:	208 V
	FACTOR DE POTENCIA:	0.93	LUMENES: 2500 Lm

**CONSUMO PROMEDIO**

DISPOSITIVO	CANTIDAD	PotenciaREAL Luminaria	CORRIENTE UNITARIA	TENSION	POTENCIA ActivaTOTAL
TRANSFORMADOR 3026-100275	39	177.6W	0.6	240V	6,926.4W
TRANSFORMADOR 3027-100277	39	177.6W	0.6	240V	6,926.4W
TRANSFORMADOR 3027-100279	35	177.6W	0.6	240V	6,216.0W

<b>Resultando</b>					
DISPOSITIVO	CANTIDAD LUMINARIAS	PotenciaREAL LUMINARIA	CORRIENTE UNITARIA	TENSION	POTENCIA ActivaTOTAL
TRANSFORMADOR 3026-100275	39	177.6W	0.6	240V	6,926.4W
TRANSFORMADOR 3027-100277	39	177.6W	0.6	240V	6,926.4W
TRANSFORMADOR 3027-100279	35	177.6W	0.6	240V	6,216W
<b>TOTAL</b>					<b>14,0168W</b>

El Consumo promedio del total de luminarias dependerá de las horas uso mensuales que estas demanden, siempre teniendo en cuenta de la resolución INE 600-03-2014, que establece un máximo de 360 horas de uso al mes para alumbrado público de exteriores. Medidos en kWh. Por ejemplo las 113 luminarias Sodio representan una potencia instantánea de 14.0168 kW, se asume que las luminarias funcionan durante un promedio de 12 horas diarias durante parte de la tarde y la noche entera resultando un total de las 360 horas uso mensual. Al multiplicar la Potencia Activa total del número de luminarias por las horas uso mensual se tendrá el resultado del consumo promedio mensual del alumbrado público y para expresarlo en kWh se divide el resultado entre 1000 coeficiente de valor equivalente a la magnitud kilo, por ejemplo para este ejercicio el consumo promedio mensual de las 39 luminarias para el transformador 3026-100275 sería 2,493.5 kWh al mes

DISPOSITIVO	POTENCIA ActivaTOTAL	HORAS USO	TENSION	POTENCIA TOTAL/Horas
TRANSFORMADOR 3026-100275	6,926.4W	360Hrs	240V	2,493.5 kWh al mes
TRANSFORMADOR 3027-100277	6,926.4W	360Hrs	240V	2,493.5 kWh al mes
TRANSFORMADOR 3027-100279	6,216W	360Hrs	240V	2,237.8 kWh al mes
<b>TOTAL</b>				7,227.8 kWh x 12 <b>86,733.6 kWh Al Año</b>

Obteniendo como resultado un Consumo Energético anual de 86,733.6 kWh de 113 luminarias distribuidas y alimentadas equitativamente por 3 transformadores destinados para esta función en el Puerto Salvador Allende.

### **5.1.3. Análisis del consumo promedio mensual y anual del Alumbrado Público Convencional total**

De manera ampliada, según estadísticas brindadas por el Instituto nicaragüense de Energía INE a nivel de Managua, tomando cuentas de registro evaluado en un periodo de 12 meses desde Julio del año 2015 hasta Agosto 2016 se registra un consumo en el orden de los MWh para el **ALUMBRADO PÚBLICO** las siguientes cifras:

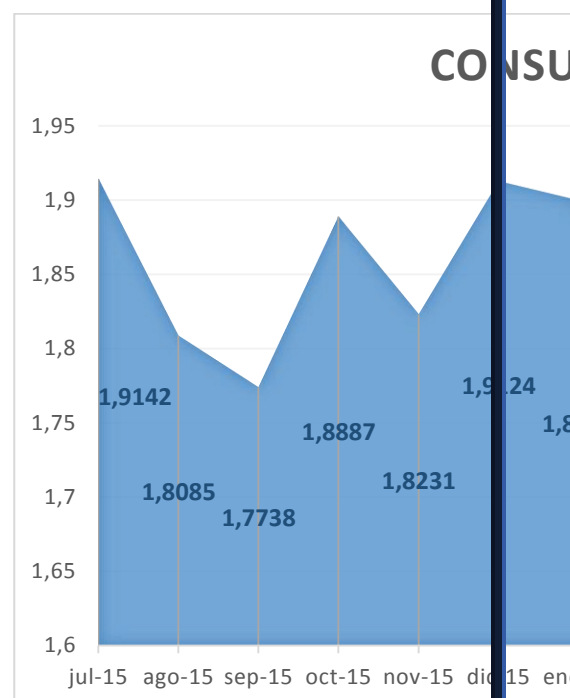
Mes/Año	Localidad	Consumo MWh
sep-15	Managua/Managua	1.7738 MWh
oct-15	Managua/Managua	1.8887 MWh
nov-15	Managua/Managua	1.8231 MWh
dic-15	Managua/Managua	1.9124 MWh
ene-16	Managua/Managua	

**Grafico 1.1 Consumo mensual**

feb-16	Managua/Managua	1.7647 MWh
mar-16	Managua/Managua	1.9142 MWh
abr-16	Managua/Managua	1.7319 MWh
may-16	Managua/Managua	1.7684 MWh
jun-16	Managua/Managua	1.8961 MWh
jul-16	Managua/Managua	1.8595 MWh
ago-16	Managua/Managua	1.8231 MWh

**Tabla 3.1 consulta: Junio 2016.**  
**Instituto nicaragüense de energías.**

De manera gráfica el consumo energético de Alumbrado público en Managua se presenta:



Se estima que las luminarias públicas de vapor de sodio y mercurio, como las que hay en todo el territorio, tienen una vida útil de 24 mil horas, es decir de 6años aproximadamente, sin embargo las luminarias LED estimadas en este proyecto

alcanzan una vida útil de 100 mil horas, que equivale a un poco más de 11 años, encienden al instante y son económicas. Pero de igual forma es carga y consumo conectado a la Red Aérea Media Tensión de Distribución Eléctrica. De las 35,977 luminarias existentes en Managua 23,776 son luminarias de Sodio. A continuación se procede a realizar el estudio del Censo de Carga para la iluminación pública partiendo de las cifras del análisis de consumo de luminaria.

**TABLA 3.0 DATOS TÉCNICOS DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO**

INSTALACIÓN:	Alumbrado Público	TIPO DE LUMINARIA: Sodio Alta Presion	
TIPO DE LUMINARIA (Marca):	COBRA HEAD (Sylvania)	POTENCIA Nom: 150Watt	
POTENCIA REAL CONSUMIDA:	177.6Watt	ALTURA DE MONTAJE: 10m	TENSIÓN NOMINAL: 240 V
SEPARACION ENTRE LUMINARIAS: 50m	FACTOR DE POTENCIA: 0.93		LUMENES: 10,000 Lm

**CENSO DE CARGA**

DISPOSITIVO	CANTIDAD	PotenciaREAL LUMINARIA	CORRIENTE UNITARIA	TENSION	POTENCIA ActivaTOTAL
LUMINARIA SODIO (HPS)	<b>23,776</b>	<b>177.6W</b>	0.85A	240V	<b>4.2226MW</b>

De las 35,977 luminarias existentes en Managua 12,201 son luminarias LED

**TABLA 3.1 DATOS TÉCNICOS DE LUMINARIAS DE ALUMBRADO PÚBLICO**

INSTALACIÓN: Alumbrado Público		TIPO DE LUMINARIA: LED ALTA EFICIENCIA	
TIPO DE LUMINARIA: LED SQUARE 65		POTENCIA NOMINAL: 65 Watt	
POTENCIA REAL MEDIDA: 69 Watt	ALTURA DE MONTAJE: 10 m	TENSIÓN NOMINAL: 120V	
SEPARACION ENTRE LUMINARIAS: 50m	FACTOR DE POTENCIA: 0.88	LUMENES: 9800 Lm	

**CONSUMO PROMEDIO**

DISPOSITIVO	CANTIDAD	PotenciaREAL Luminaria	CORRIENTE UNITARIA	TENSION	POTENCIA ActivaTOTAL
LUMINARIA LED ALTA EF.	<b>12,201</b>	<b>69W</b>	0.6A	120V	<b>841.869kW</b>

**Resultando**

DISPOSITIVO	CANTIDAD	PotenciaREAL LUMINARIA	CORRIENTE UNITARIA	TENSION	POTENCIA ActivaTOTAL
LUMINARIA SODIO (HPS)	<b>23,776</b>	<b>177.6W</b>	0.85A	240V	<b>4.2226MW</b>
LUMINARIA LED ALTA EF.	<b>12,201</b>	<b>69W</b>	0.6A	120V	<b>841.869kW</b>
<b><u>TOTAL</u></b>					<b>5.0644MW</b>

Resultando un total de 5.0644MW (MegaWatt) de Potencia Activa consumida en iluminación convencional en la ciudad de Managua. El consumo promedio mensual de las luminarias Sodio de Alta Presión y luminarias LED dependerá de las horas de uso mensuales que estas tengan, en nuestro caso hemos tomado como referencia la resolución del Instituto Nacional de Electricidad INE No. 600-03-2009, que refleja 360 horas uso mensuales para alumbrado de exteriores. Los kW/h.

Por ejemplo, 12,201 luminarias LED de 69 watt cada una representan una potencia activa de 841.869 kW, se asume que las luminarias funcionan un promedio de 12 horas diarias, por las noches lo cual resulta en 360 horas uso mensuales de modo que al multiplicar las horas la potencia instantánea del grupo por las horas uso mensuales se tiene como resultado el consumo promedio mensual del alumbrado público, para expresar esta cantidad en kWh debemos dividir entre el coeficiente kilo=1000, para este ejercicio el consumo promedio mensual de las luminarias es 303,072.8 kWh.

DISPOSITIVO	POTENCIA ActivaTOTAL	PotenciaReal LUMINARIA	HORAS USO	TENSION	POTENCIA TOTAL/Horas
LUMINARIA SODIO (HPS)	4.2226MW	177.6W	360Hrs	240V	1.5201 MWh Al mes
LUMINARIA LED ALTA EF.	841.869 kW	69W	360Hrs	120V	303.072 kWh al mes
TOTAL					1.8231MWh x 12 21.8772 MWh al Año

## **5.2 VISITA DE CAMPO A LUGARES DE INTERES PARA INSTALAR EL SISTEMA DE ILUMINACION FOTOVOLTAICA.**

Mediante la visita de campo. El Cuerpo técnico encargado del estudio se dirigirá a cada sector que se desee instalar los sistemas de iluminación fotovoltaico para de esa manera determinar la prioridad y necesidad de iluminación dependiendo del sector ya sea para iluminación para avenidas, canchas, carreteras principales, calles de los barrios etc.

## **5.3 DETERMINAR LA CANTIDAD Y CARACTERISTICAS DE POSTES (APOYOS) EN CADA SECTOR**

Este es uno de los pasos importantes para este estudio debido a que al determinar y cuantificar con exactitud la cantidad de postes de cada sector se procede a la determinación exacta de Sistemas Solares para la iluminación por cada sector.

En este punto es importante señalar que cada poste posee una característica respecto a su altura y material del cual se encuentra elaborado y es importante considerarlo para una buena instalación del sistema solar con todos los datos necesarios ya que debe resistir el peso adicional de todos los dispositivos instalados para el sistema solar.

Según datos de la resolución de la norma ENEL en la Ley 272 Normativa del Servicio Eléctrico, en la ciudad hay Tipos de apoyos distribuidos, que en teoría



poseen distintas características respecto a su sección transversal y la altura en este caso:

TABLA 3.2 Tipología de Apoyos	
Red:	Media Tensión
Sección Transversal:	50 cm de Geometría cuadrada
Altura:	14m. Respecto al punto de empotramiento (70cm bajo tierra)
dAN (Resistencia Mecánica):	793Lb.ft

Tabla 3.3 Tipología de Apoyos	
Red:	Baja Tensión
Sección Transversal:	45 cm de Geometría circular
Altura:	12m. Respecto al punto de empotramiento (70cm bajo tierra)
dAN (Resistencia Mecánica):	740Lb.ft

Tabla 3.4 Tipología de Apoyos	
Red:	Baja Tensión
Sección Transversal:	45 cm de Geometría cuadrada
Altura:	10m. Respecto al punto de empotramiento (70cm bajo tierra)
dAN (Resistencia Mecánica):	720Lb.ft

## **5.4 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

El dimensionamiento estructural para la instalación del Sistema Solar se indicarán de tal forma que todo el sistema se encuentre lo más seguro permitiendo un desarrollo eficaz del mismo.

### **5.4.1 Ubicación del Panel**

Primordialmente el panel debemos colocarlo mecánicamente seguro en la cúspide del poste de alumbrado público, ya que debido a la altura del poste puede variar entre los 9 y 10 metros y esto es importante para aprovechar al máximo la radiación solar en horas matutinas y vespertinas para así abastecer carga directa

al resto del sistema. Primordialmente localizando un sitio despejado, alcanzando lo ideal, que sería esté libre de objetos o ramas árboles que puedan provocar sombras, lo más cerca al lugar donde desean instalar su sistema (luminarias o aparatos) si éste lo permite.

#### **5.4.2 Soporte y Dirección**

Sujetarlo fijamente al poste y al módulo, colocando el módulo orientado hacia el sur, esto permite que los rayos del sol choquen sobre la superficie del módulo la mayor parte del día, y se obtiene así la mayor generación de energía del módulo fotovoltaico.

#### **5.4.3 Brazo y estructura de la luminaria LED**

El Brazo es importante puesto esta es la extensión longitudinal que ubicara la luminaria LED a una distancia necesaria para alumbrar la zona requerida. Generalmente este brazo se mide desde la base del poste extendiéndose de manera perpendicular a 1.5 metros del mismo.

La variación de la estructura longitudinal del brazo se extiende también en todas las direcciones según el ángulo respecto al punto centro (Base del poste) para colocar cada uno de los brazos a donde se desea, mayormente se estima en un ángulo de 180° formando así un brazo extendido de 3.0 metros.

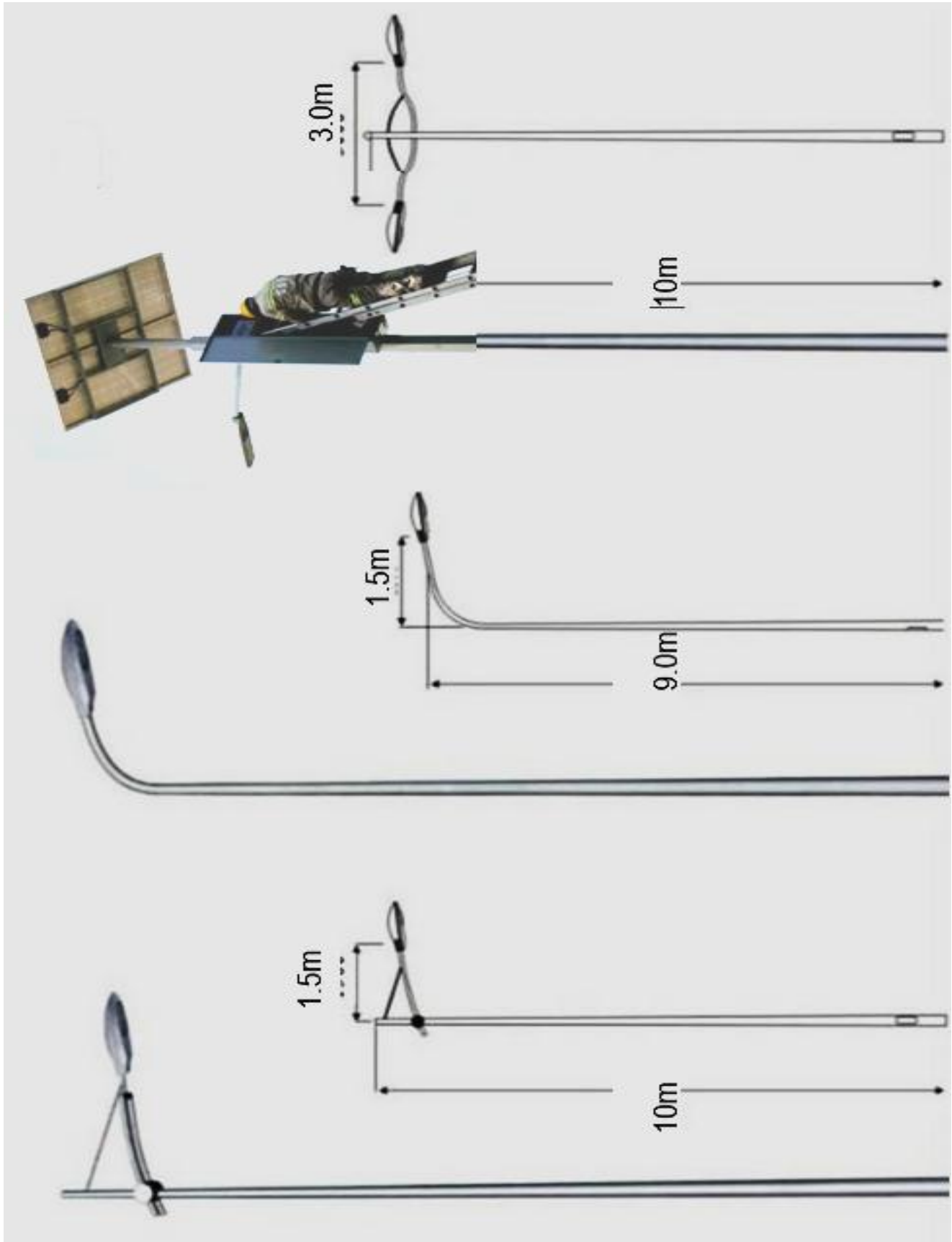
#### **5.4.4 Colocación del Centro de control del Sistema Fotovoltaico**

La colocación del Centro de control de todo el sistema es sumamente importante ya que es el lugar donde se ensambla toda la conexión del sistema. Este posee en su interior La conexión del Controlador de carga por lo que se requiere que este centro de control de carga este colocado de una manera que se permita un acceso exclusivo solo para el cuerpo técnico encargado del mantenimiento y conexión, al mismo tiempo se evitar la manipulación de otros individuos, de la misma forma debe ser capaz de aislar los componentes interiores de condiciones atmosféricas llámense humedad o lluvia.

#### **5.4.5 Colocación de la Batería Almacenadora de Energía**

Buscando un lugar protegido de la intemperie, con buena ventilación, para evitar la acumulación de gases generados por la Batería. Colocándola firmemente sobre una base de preferencia aisladora. Nunca colocarla directamente sobre el piso.

→ A CONTINUACION EN LA SIGUIENTE PÁGINA  
SE MUESTRA LA IMAGEN DEL DIMENSIONADO DEL SISTEMA  
FOTOVOLTAICO



## **5.5 ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION FOTOVOLTAICO PROPUESTO**

En el siguiente punto se hará un análisis del sistema fotovoltaico para la instalación de Luminarias LED necesarias para un ahorro significativo de igual forma partiendo a nivel general y otro a una escala más específica en una zona, reparto o barrio de la capital.

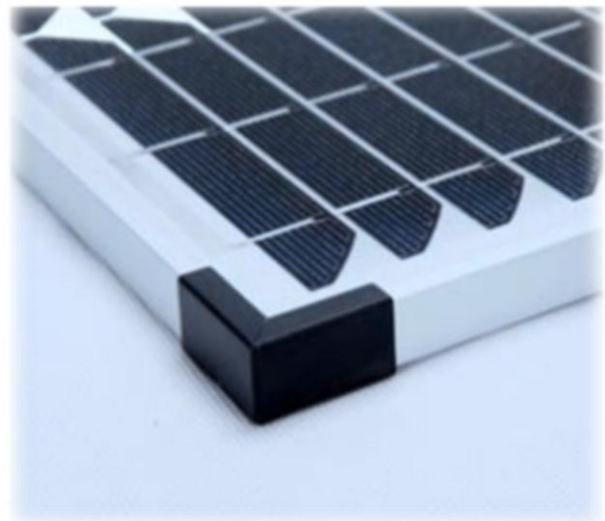
El promedio anual de incidencia solar en Nicaragua está entre 4.5 y 5.5 kWh / m<sup>2</sup> por día.

Sin embargo durante los meses de febrero, mayo y agosto esta incidencia podría fluctuar entre 4.5 y 5 kWh/m<sup>2</sup>. Por lo tanto trabajaremos con el valor mínimo de 4.5 kWh/m<sup>2</sup> día, para asegurar que durante los meses indicados el sistema fotovoltaico pueda siempre cubrir el total de la demanda.

### **5.5.1 Característica de los elementos del Sistema Fotovoltaico**

#### **MODULO FOTOVOLTAICO (Sunlink - SEGPV)**

- Voltaje de Operación Nominal  
12 Vdc
- Voltaje a Maxima Potencia (Vmp)  
17.2V, dif 0.4
- Corriente de Corto Circuito (Isc)  
0.62A
- Corriente óptima de operación  
0.57A
- Potencia Nominal (Tolerancia)  
100W (+5%)
- Dimensiones  
1483mmx665mmx35mm
  - Peso:12 kg
- Armazón  
Aleación de Aluminio



#### LUMINARIA LED (LiteTronix - Aluminum Alloy)

- Potencia Consumida:  
24W  $\pm$  (10%)@12Vdc  $\rightarrow$  28W  $\pm$  (10%)@24Vdc
- Voltaje de entrada:  
12.0V  $\rightarrow$  24.0V
- Lúmenes de Salida:  
9600Lm  $\rightarrow$  9800Lm
- Luxes producidos metro cuadrado:  
12 luxes
- Color de temperatura:  
5200 K  $\rightarrow$  3000 K (typ.)
- Dimensiones: 530mm x 100mm x 95mm
- Sección transversal de la abertura (Diámetro máximo)  
Ø 55mm
  - Peso: 2.1 kg



#### CONTROLADOR DE CARGA (Phocos ECO10 (IP68))

- Voltaje de operación 12.0V
- Voltaje Máximo del Panel: 30.0V
- Corriente: 10<sup>a</sup>
- Corriente máxima de carga: 10.0A
- Nivel de Tensión para Protección de profunda descarga:  
11.0V
- Protección de Sobre voltaje: 15.5V
- Protección de Bajo voltaje: 10.5V
- Consumo: 4mA
- Sección transversal del conductor: 2.5mm<sup>2</sup>
- Peso: 110g
- Dimensiones: 87mm x 51mm x 16mm





### BATERIA ALMACENADORA (victronEnergy Gel12-120)

- Tecnología  
Batería Gel (Platos Tubulares) de Ciclo Profundo
- Amperios-Hora  
110 Ah
- Voltaje Nominal de Operación  
12.0V
- Duración de vidas en ciclos  
750 ciclos en descarga
- Capacidad Nominal  
20hrs en descarga a 25°C (15hrs a 32°C)
- Dimensiones/Peso  
330mm x 171mm x 220mm / 33kg



### **5.5.2 Estudio Luminotécnico del Sistema Fotovoltaico**

Para este estudio de Luminotecnia para una distribución de las luminarias lo más óptima posible para las zonas que lo necesiten. Debido a la posición donde están ubicadas las luminarias se desea iluminar calles y parqueos del lugar estas, tienen dimensiones de 6m de anchura más distancia de estacionamiento. Partiendo de estas condiciones de factor de utilización de en la propagación de los lúmenes es importante determinar lo siguiente:

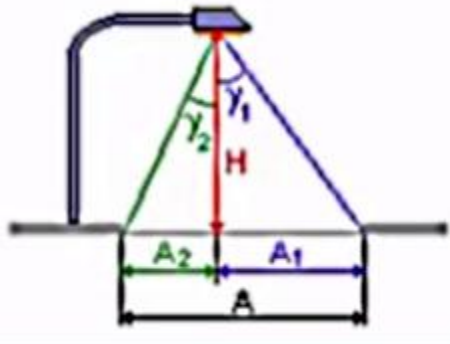
- Distancia aprox. entre luminarias.
- Iluminancia media de la calle en el momento de puesta en servicio.
- Iluminancia media de la acera peatonal más próxima a la luminaria
- Iluminancia media de la acera peatonal más lejana a la luminaria.

Referente a la norma mexicana **NOM-064-SCFI-2000** de Productos eléctricos, luminarias para uso en interiores y exteriores, especificaciones de seguridad y métodos de prueba, a partir de los 10m de altura en adelante la distribución lumínica debe ser mayor a 10 Luxes. Según datos de fábrica, cada luminaria LED reproduce 12 luxes, 24W de potencia y un flujo luminoso de 9800-9500 lúmenes. Y estas se instalaran a partir una altura de 10m en disposición del tipo de poste y la distancia horizontal de 1.5 metros del centro del poste dirigida al centro del plano a iluminar. Respecto al factor de mantenimiento se estima 0.95 por la eficiencia y longevidad de la luminaria.

Flujo luminoso de las luminarias	<b>ΦL=9800 lm</b>
Potencia	<b>P=24W</b>
Altura de las luminarias	<b>H=10m</b>
Ancho de las calles	<b>A=5m</b>

Factor de mantenimiento **Fm=0.95**

## DESARROLLO



Mediante el **Gráfico 3.0 Distancias Equivalentes** de calles de circulación de vehículos livianos se podrá obtener referencias de alcance y distancias respecto al centro vertical óptico de la luminaria. Dónde:

**H**= centro vertical óptico de la luminaria.

**A1**= Distancia respecto a la vertical óptica hacia

la acera más lejana.

**Grafico 2.0 Distancias equivalentes**

**A2**=Distancia respecto a

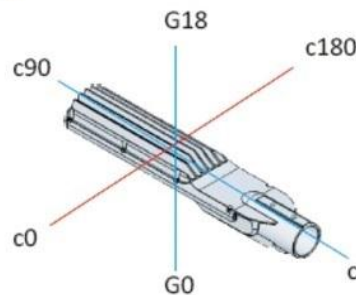
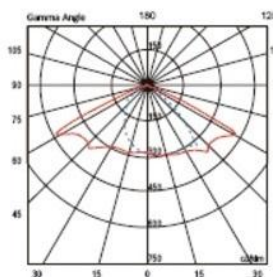
la vertical óptica hacia la acera más cercana.

la vertical

**Y1**=Angulo trazado desde la luminaria hacia la acera más lejana.

**Y2**= Angulo trazado desde la luminaria hacia la acera más cercana.

### Optical Performance:



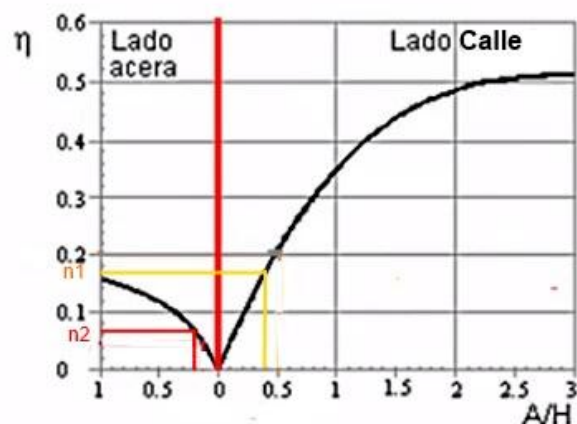
5200K, 9800lm	
Avg.	84.00 lm
Min.	58 lm
Max.	104.00 lm
Uniformity	0.97

Para determinar la distancia entre las luminarias se debe encontrar el coeficiente de utilización para la zona y estos valores lo determinaremos utilizando los datos provistos por el fabricante de la luminaria.

Insertando valores anteriores, utilizando las igualdades de **Gráfico 2.1** de estudio lumínico de degradación del flujo luminoso se determina el siguiente coeficiente:

$$\frac{A1}{H} = \frac{4}{10} = 0.4 \rightarrow \eta_1 = 0.18$$

**Gráfico 2.1 Depreciación Lumínica**



$$\frac{A_2}{H} = \frac{1}{10} = 0.1 \rightarrow \eta_2 = 0.08$$

Entonces el coeficiente se determina:

$$\eta_1 + \eta_2 = 0.2 + 0.045 \rightarrow \eta = 0.26$$

Ahora utilizando **Ec. 1** de Iluminancia recomendada.

media

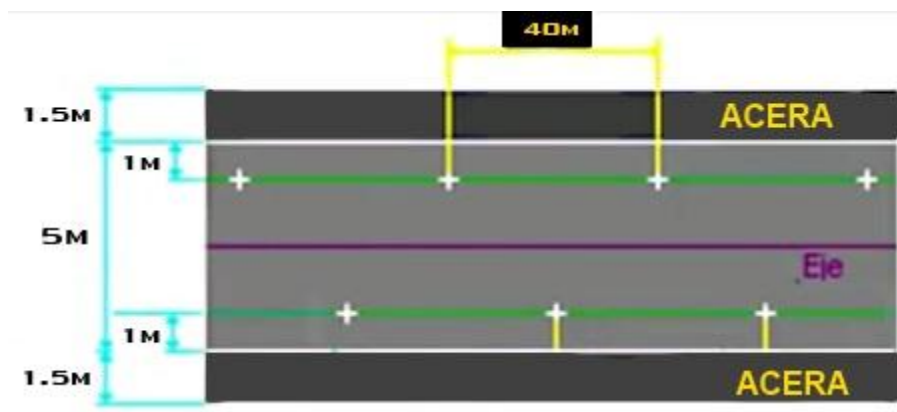
**Ec. 1 Iluminancia media**

$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d}$$

Despejamos d para determinar la distancia entre luminarias:

$$d = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * Em} = \frac{0.245 * 0.95 * 2400}{5 * 12.005} = 40.34m$$

Estimando el resto de iluminación proveniente de negocios en el puerto se establece se encuentra en el rango de la **Norma DN-DS** a  $40m < d < 50m$  de distancia.



**Grafico 2.3 Dimensionamiento de calles**

Prosiguiendo, para determinar la iluminancia media de las calles en el momento de puesto en servicio y después de producirse la depreciación. En el momento de puesta de servicio de las luminarias, el factor de mantenimiento se considera 1 respecto a condiciones eficientes de las luminarias. Por lo tanto:

$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} = \frac{0.26 * 0.95 * 9800}{5 * 40.34} = 12.6326lux$$

Después de producirse la depreciación, el factor de mantenimiento tendrá el valor dado, 0.95. Por tanto la iluminancia media **después de la depreciación** será:

$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} = \frac{0.26 * 0.95 * 9800}{5 * 40.34} = 12.0lux$$

Posteriormente para determinar la iluminancia media de las calles en el sector de parqueo, notando que las dimensiones de las calles son de dimensiones para circulación de vehículos pesados.

Entonces para el cálculo del coeficiente

$$\frac{A1}{H} = \frac{3}{10} = 0.3 \rightarrow \eta_1 = 0.19$$

$$\frac{A2}{H} = \frac{6}{10} = 0.6 \rightarrow \eta_2 = 0.09$$

Entonces el coeficiente se determina:

$$\eta_1 + \eta_2 = 0.19 + 0.09 \rightarrow \eta = 0.28$$

Ahora utilizando **Ec. 1** de Iluminancia media recomendada.

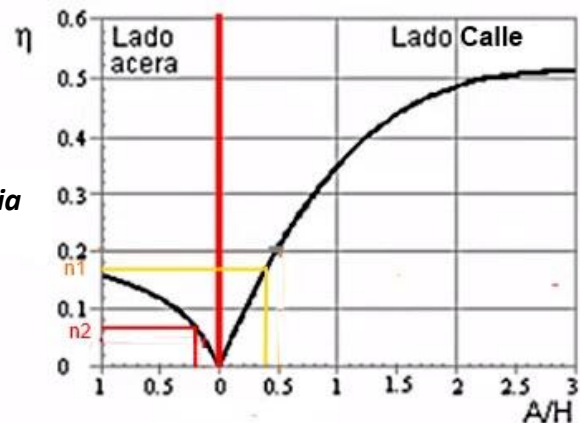
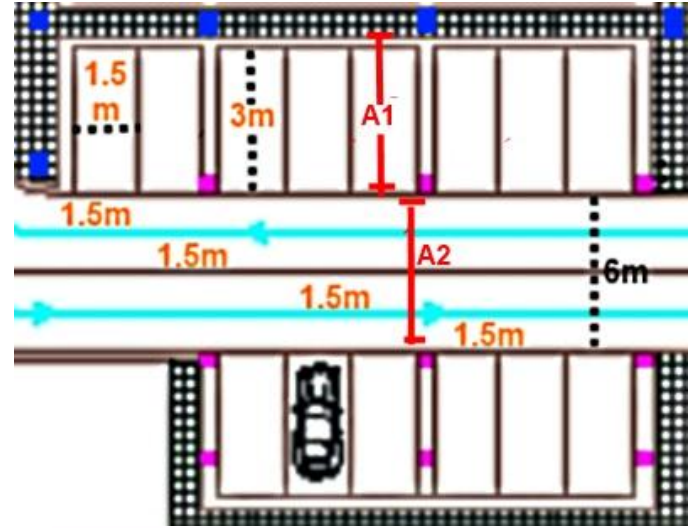
$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} \quad \text{Ec. 1 Iluminancia media}$$

Despejamos d para determinar la distancia entre luminarias en el parqueo:

$$d = \frac{0.28 * 0.95 * 2000}{3 * 12.005} = 14.7m$$

Prosiguiendo, para a determinar la iluminancia media de las calles en el momento de puesto en servicio y después de producirse la depreciación. En el momento de puesta de servicio de las luminarias. Por lo tanto:

$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} = \frac{0.28 * 0.95 * 9800}{5 * 14.7} = 13.034lux$$



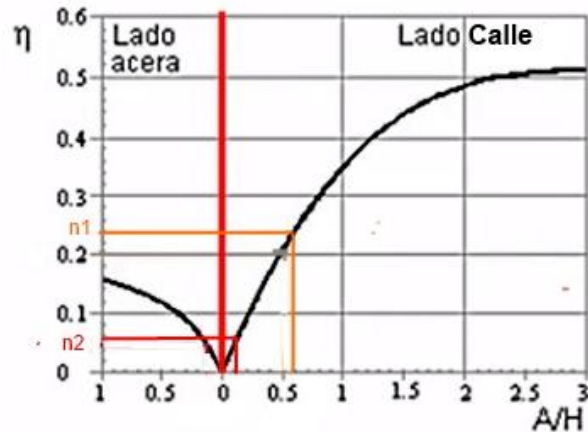
Ahora, para determinar la iluminancia de la vía de la calle más cercana a la luminaria utilizamos ecuación, pero igual, calculando el coeficiente de utilización de la vía más próxima. Haciendo referencias de las dimensiones del *Grafico dimensional de calles* y determinando un nuevo coeficiente en este caso distancias se toman de Lado Calle A1=5.5; A2=4 Por lo tanto:

$$\frac{A1}{H} = \frac{5.5}{10} = 0.55 \rightarrow \eta_1 = 0.215$$

$$\frac{A2}{H} = \frac{4}{10} = 0.4 \rightarrow \eta_2 = 0.205$$

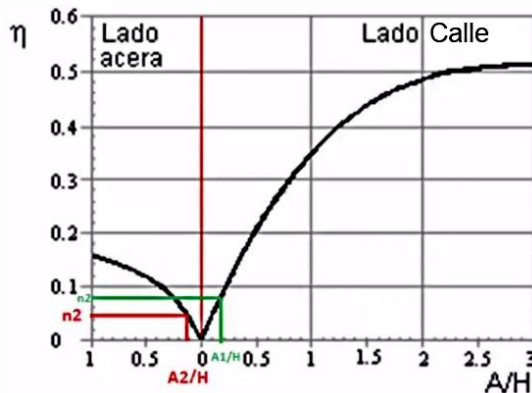
$$\eta_1 + \eta_2 = 0.215 + 0.205 \rightarrow \eta = 0.42$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

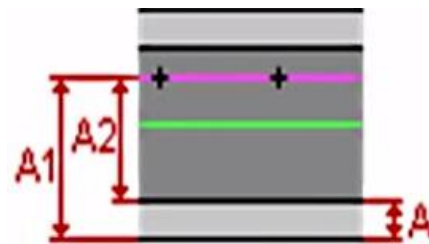


$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} = \frac{0.24 * 0.95 * 9800}{5 * 40.34} = 11.06 lux$$

Y para determinar la iluminancia hasta la acera de la vía de la calle más lejana a la luminaria utilizamos la misma ecuación pero calculando el coeficiente de utilización de la vía más próxima. Haciendo referencias de las dimensiones del *Grafico2.4 dimensional de calles* y determinando un nuevo coeficiente con distancias A1=A2=1.5 Por lo tanto:



**Gráfico 2.4 Dimensionamiento de Calles**



$$\frac{A1}{H} = \frac{1.5}{10} = 0.15 \rightarrow \eta_1 = 0.08$$

$$\frac{A2}{H} = \frac{1.5}{10} = 0.15 \rightarrow \eta_2 = 0.045$$

$$\eta_1 + \eta_2 = 0.08 + 0.045 \rightarrow \eta = 0.125$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$Em = \frac{\eta * Fm * \Phi L}{A * d} = \frac{0.125 * 0.95 * 9800}{5 * 40.34} = 5.76 lux$$

### 5.5.3 Cálculos vitales del sistema fotovoltaico

A continuación se realizarán los cálculos principales que delimitarán la vida útil del sistema fotovoltaico haciendo uso de dispositivos y elementos que idealicen su eficiencia. Teniendo en cuenta los datos propuestos y de esta manera determinar la precisión por ejemplo la sección transversal del conductor, los amperios horas de descarga de la batería que suplirá las necesidades del sistema etc.

#### 5.5.2.1 CALCULO DEL BANCO DE BATERIA

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_i N_{DN}}$$

CB = Capacidad del banco de baterías

Ec = Energía consumida diariamente

Au = Autonomía deseada en el banco de baterías (horas) para iluminación pública esta estará activa durante todos los días de la semana.

Calcular el consumo en Wh tomando datos (24W x 12hrs)=288Wh

VB = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

FU = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.

Fu = 0.5 baterías de placa delgada

Fu = 0.8 baterías de placa gruesa

Fi = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor Nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.

Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tabular.



$$CB = \frac{(7\text{días})(288\text{Whr})}{(12\text{V})(0.8)(1.35)(0.9)} = 172.8395 \text{ Ah}$$

Por lo tanto en caso de 2 luminarias por poste correspondería una batería hasta de 220Ah debido a la capacidad más próxima luego de la de 110Ah a un término de 12 horas. Aprovechando la característica principal de la Batería de ciclo profundo a 400 ciclos de descarga.

#### 5.5.2.2 CÁLCULO DEL CONTROLADOR DE CARGA

$$\begin{aligned} I_{\max} &= I_{SC} \times N_{\text{paneles}} \\ I_{\max} &= (0.62\text{A}) \times (1\text{panel}) \\ I_{\max} &= 0.62 \text{ A} \end{aligned}$$

#### 5.5.2.3 INCLINACIÓN DEL PANEL Y ÁNGULO DE ORIENTACIÓN

El ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, lo recomendado es utilizar el valor de la latitud del lugar donde se encuentra localizado el proyecto al cual se le suma 5°.

$$\angle_{INC} = \angle_{LAT} + 5^{\circ}$$

$$\angle_{INC} = 20^{\circ} + 5^{\circ} = 25^{\circ}$$

Por lo tanto asumiendo que el ángulo de inclinación en el que se deben de colocar los paneles solares orientados hacia el sur es de 25°

#### 5.5.2.4 CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

$$A = 2\rho I\ell / \Delta E$$

A= Es el área del conductor

$\rho$  = Resistividad del cobre 0.01785 $\Omega$ mm<sup>2</sup>/m

I = Corriente del conductor

$\ell$ = Longitud del conductor

$\Delta E = \text{Caída de tensión (V)}$

$e\% = \text{Caída de tensión (\%)} \text{ no mayor del } 3\%$

$V = \text{Tensión (V)}$

0.85 = Factor de ajuste para conductores expuestos a la radiación solar.

- **Entre el panel y el controlador de carga**

Cálculo del  $\Delta E$

$$\Delta E = V \times e\%$$

De acuerdo con los datos de placa del panel se tomará su voltaje máximo y su corriente máxima de operación que son 17.2V y 0.62A respectivamente. Mediante Ley de Ohm se determinará la corriente entre panel y controlador.

$$I = \frac{P_{\text{Nom.Panel}}}{V_{\text{Nom.Panel}}} = \frac{100W}{12v} = (8.33A)$$

$$\Delta E = (17.2V) \times (3\%)$$

$$\Delta E = 0.516V$$

Sustituimos  $\Delta E$  en la ecuación principal

$$A = \frac{2\rho I \ell}{\Delta E}$$

$$A = \frac{2[(0.01785)(8.33A)(1.5m) - \tilde{n}(0.85)(17.2V)]}{(0.516V)}$$

$$A = 7.7229 \text{ mm}^2$$

El calibre del conductor THW que le corresponde es del 10 AWG.

- **Entre el controlador de carga y las baterías**

Cálculo del  $\Delta E$

$$\Delta E = V \times e\%$$

$$\Delta E = (12V) \times (3\%)$$

$$\Delta E = 0.36 \text{ V}$$

$$I = \frac{P_{Nom.Luminaria}}{V_{Nom.Bateria}} = \frac{24W}{12v} = (2.0A)$$

Sustituimos  $\Delta E$  en la ecuación principal

$$A = 2\rho I\ell/\Delta E$$

$$A = \frac{2[(0.01785)(2.0A)(1.5m)(0.85)(17.2V)]}{(0.36V)}$$

$$A = 4.3373 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 10 AWG

## **5.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO.**

### **5.6.1 Factibilidad técnica**

Como punto de partida este proyecto se perfila para hacer una sustitución completa del alumbrado público, sabemos que el número de postes de alumbrado público distribuido en toda Managua es de 35,97. Pero normalmente en todo comienzo de un proyecto de sustitución a sistema fotovoltaico a escalas mayores se inicia desde un punto de partida menor como una zona en especifica cómo se mencionó anteriormente el estudio se pretende implementar en el Puerto Salvador Allende del Distrito II de Managua con un total de 116 luminarias como punto de partida, implementando un sistema fotovoltaico con una longevidad aproximada de 25 años

Respecto al alumbrado público convencional Cálculos determinados para los tipos de luminarias que conforman. Si el consumo de las luminarias de Sodio de 150 watt más luminarias LED de 66 watt en toda Managua es de **1.8231 MWh (21.8772MWh anual)**, y del Puerto equivalen a un consumo promedio mensual de **7,227.8.02 kWh (86,733.6 kWh anual)**, lo cual equivale a una reducción de carga de la Red Aérea de Media Tensión del **3.6293%** como punto de partida de sustitución por sistemas de alumbrado público fotovoltaico.

Las actividades que provocan emisiones de gases de efecto invernadero están clasificadas, según la Convención **Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**, en: actividades del sector energético, actividades del sector industrial, uso de disolventes y otros productos, agricultura y desechos. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se encarga de analizar la información científica, técnica y socioeconómica relativa al cambio climático provocado por las actividades humanas. No realiza

investigaciones, sino que analiza y evalúa la información científica publicada. Gracias a ello y a las **Exigencias del PROTOCOLO DE KYOTO** podemos conocer el nivel de emisiones de cada industria. Asimismo, es posible conocer nuestro nivel de emisiones particular, conocido como nuestra huella de carbono. La responsabilidad fundamental radica en realizar un consumo eléctrico y un transporte eficientes.

En consumo eléctrico, porque pese al desarrollo de las energías renovables, la generación de electricidad se sigue produciendo mayoritariamente mediante la quema de combustibles fósiles (carbón, gas o petróleo), que emiten CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero. Por lo tanto, cuanto menor sea nuestro consumo eléctrico, menos contaminaremos. Por ejemplo, iniciativas como apagar las luces de los aparatos electrónicos en stand-by o utilizar bombillas de bajo consumo son muy necesarias.

Obteniendo para un total **21.8772 MWh anuales** de consumo de la ciudad de Managua, evitando una contaminación equivalente **de 14,220.180 Toneladas de CO<sub>2</sub> anuales** al medio ambiente. Y solo el Puerto Salvador Allende para un consumo de **86,733.6 kWh anuales** se evita una contaminación equivalente de **56.37 Toneladas de CO<sub>2</sub>** al medio ambiente.

### ***5.6.2 Factibilidad financiera***

El estudio aspecto financiero es de suma vitalidad para este proyecto propuesto ya que esto determina con respecto al costo de cada elemento y el número total de sistemas fotovoltaicos la recuperación respecto al tiempo, a largo plazo, del capital invertido en este mismo.

Con ayuda del cálculo del VAN (Valor Actual Neto) es más efectivo el estudio del proyecto de inversión respecto a su rentabilidad.

Conceptualmente el VAN (Valor Actual Neto) es el resultado de restar BNA (Beneficio Neto Actualizado) menos la inversión total del proyecto:

**$VAN = \sum BNA - Inversión Total$**  (El Beneficio Neto Actual (BNA) se refiere al resultante del flujo de caja total estimado para el proyecto, pero convertido a un valor actual a través de una Tasa de Descuento. Donde la Tasa de descuento es la tasa de rentabilidad mínima que esperamos por toda la inversión.)

El VAN se puede calcular mediante la expresión;

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde todo el primer conjunto de terminos es el BNA y el segundo posterior a la resta se considera la inversion inicial.

$V_t =$  Representa los flujos de caja en cada año

$n =$  Es el número de períodos considerado

$I_0 =$  Es el valor de la inversion inicial del la inversion

$K =$  Es el tipo de interés.

Si el proyecto no presenta riesgo, se toma como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizara el coste de oportunidad. Para este proyecto se hará un contraste del costo de la iluminación pública convencional a nivel general de toda Managua y a nivel específico del Puerto Salvador Allende respecto a la inversión de costo para el sistema de iluminación pública fotovoltaica.

### **5.6.3 Cálculo de inversión para iluminación pública fotovoltaica (Puerto Salvador Allende).**

Como antes mencionado en este sector turístico las luminarias existentes en calles y sector de parqueo con un total de 113 luminarias. El tiempo proyectado para este proyecto de Iluminación Fotovoltaica también se determina respecto a la vida útil en este caso el dispositivo del conjunto que más perdure en este caso 25 años. La Vida útil de cada elemento de la Iluminación Fotovoltaica comprende de:



- **PANEL FOTOVOLTAICO** con una longevidad garantizada de **25 AÑOS**, resistente a la corrosión y fuertes condiciones atmosféricas.
- **LUMINARIAS LED** de 100,000 horas **11.6 AÑOS**.
- **CONTROLADOR DE CARGA** con 41,181,82 horas es decir **10 AÑOS**,
- **SENSOR DE FOTONES** de **10 AÑOS**.
- **BATERÍA DE CICLO PROFUNDO** con vida de 4000 ciclos aprox. **5 AÑOS**
- **ESTRUCTURA ACERADA** (Gabinete de Batería y Controlador, soporte de panel) con una longevidad de **25 AÑOS** resistente a la corrosión y fuertes condiciones atmosféricas.

Ahora se procederá a presentar el precio unitario de cada elemento del sistema

SISTEMA FOTOVOLTAICO CON LUMINARIA LED 12V			
Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Precio Real
Panel Solar 100W	1	U\$ 135.00	U\$ 135.00
Batería Sellada 110AH	1	U\$170.0	U\$170.0
Luminaria LED Alta Eficiencia 12V	1	U\$ 80.00	U\$ 80.00
Controlador 10 A	1	U\$ 38.00	U\$ 38.00
Complementos del Sistema	1	U\$ 40.00	U\$ 40.00
Mano de Obra	1	U\$ 40.00	U\$ 40.00

fotovoltaico y para un precio estimado del sistema en conjunto

<b>COSTO TOTAL C/ SISITEMA FV</b>	<b>U\$503</b>
-----------------------------------	---------------

Partiendo del consumo promedio de este sector turístico se implementa una modalidad de cobro de impuesto para la población, e ingresos destinados para el

<b>Apoyo a la Industria Turística T1-H, T-1 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	98.4108
<b>Apoyo a la Industria Turística - T2-H, T2-DH, T2-EH</b>	0-2500	905.9025
	>2500	9,058.8304
<b>Industria Turística - T3-H, T-3 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	102.8822
<b>Industria Turística - T-4H, T-4 DH, T-4 EH</b>	0-2240	285.7833
	>2240	596.3867
<b>Industria Turística - T-5H, T-5 DH, T-5 EH</b>	0-61750	12,682.3918
	>61750	14,494.1481

Estos cargos estan sujetos a indexacion mensual por deslizamiento cambiario

con respecto al dolar de Estados Unidos de America

\* La unidad utilizada es C\$/Cliente-mes

mismo dependiendo de la carga instalada en dichos puntos esta se ejecuta mediante el registro de consumo de los meses antes de proceder a la implementación de este proyecto de sistemas FV y también respecto al pliego tarifa

Siendo un servicio de uso público en una zona considerada como industria Turística se toma en cuenta el pago de impuesto de sectores como Residencia, Comercio e Industria, siendo un total de 2,480,270 pobladores consumidores en Managua Según la resolución INE-CD-04-08-16 página 6548 el Ajuste del Pliego tarifario para Calles, plazas y avenidas públicas aplicado para la ciudad de Managua = C\$8.0949

Descripcion	Montos anuales
Energía consumida del Alumbrado Público Puerto Salvador Allende	<b>86,733.6 kWh Al Año</b>
Costo Tarifa del Alumbrado público	<b>C\$8.0949</b>
Ingresos Totales obtenidos	<b>C\$702,099.81</b>
<b>Valor Dólar (21/08/2016)</b>	<b>C\$ 28.8132</b>
<b>Ingreso anual</b>	<b>U\$ 24,367.29</b>

Proyectando el cálculo del proyecto para el número de 113 luminarias/postes existentes. Dando un resultado una inversión total de:

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Sub Total
Sistema Fotovoltaico	113 Unidades FV	U\$503.00	U\$ 56,839.00
<b>Inversión Total</b>			<b>U\$ 56,839</b>

Respecto al los costos de mantenimiento es necesario plantear que las baterías de selladas de ciclo profundo debido a su tecnología no necesitan un mantenimiento frecuente como lo necesitan las baterías más comunes por lo que el mantenimiento se postula para la sustitución de la misma batería hasta su tiempo de vida útil, por lo tanto, el mantenimiento se realizará respecto a la vida útil de la luminaria LED de las 10,000 hrs o 11.6 años

Vida útil del sistema FV	25 años
<b>Inversión Inicial</b>	<b>U\$ 56,839.00</b>
<b>Costo por Mantenimiento</b>	U\$56,839.00/11años <b>= U\$ 5,167.1818</b>

Por lo tanto los números de inversión para un total de 113 sistemas FV y el Interés aplicable (K) del 6%, esto según el tipo de interés pasivo estipulado por el Banco Central de Nicaragua.:

<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>U\$ 56,839.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA TOTAL</b>	<b>U\$ 5,167.1818</b>
<b>6% de Interés</b>	<b>U\$ 3,410.3400</b>

Ahora Calculando VAN propuesto para 25 años respecto al tiempo de vida mas prolongado de toda la luminaria. Teniendo los datos de la inversión se procede a sustituir valores en la ecuación del cálculo del VAN.

$$VAN = \sum BNA - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde BNA es igual a:

Periodo de Analisis "t"	FLUJO DE CAJA TOTAL	BNA
AÑO 1	U\$ 5,167.1818	U\$ 4,874.699
AÑO 2	U\$ 5,167.1818	U\$ 4,598.773
AÑO 3	U\$ 5,167.1818	U\$ 4,338.465
AÑO 4	U\$ 5,167.1818	U\$ 4,092.891
AÑO 5	U\$ 5,167.1818	U\$ 3,861.218
AÑO 6	U\$ 5,167.1818	U\$ 3,642.659
AÑO 7	U\$ 5,167.1818	U\$ 3,436,471
AÑO 8	U\$ 5,167.1818	U\$ 3,241.953
AÑO 9	U\$ 5,167.1818	U\$ 3,058.446
AÑO10	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,885.327
AÑO11	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,722.006
AÑO12	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,567.931
AÑO13	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,422.576
AÑO14	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,285.449

AÑO15	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,156.084
AÑO16	U\$ 5,167.1818	U\$ 2,034.041
AÑO17	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,918.907
AÑO18	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,810.290
AÑO19	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,707.820
AÑO20	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,611.151
AÑO21	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,519.954
AÑO22	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,433.919
AÑO23	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,352.754
AÑO24	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,276.183
AÑO25	U\$ 5,167.1818	U\$ 1,203.946
<b>Sumatoria BNA</b>		<b>U\$ 3,499,088.44</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>		<b>U\$ 56,839.00</b>

Entonces

$$VAN = [U\$ 3,499,088.44] - [U\$ 56,839.00] = U\$ 3,442.249$$

Ahora se procederá a calcular la **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**:

$$VAN = \sum BNA - I_o$$

Como la TIR es la tasa de valor que hace 0 al Valor Neto Actual (VAN), sustituimos en la ecuación:

$$0 = \sum BNA - I_o$$

y como el flujo de caja es el mismo para cada año, proyectado a 25 años entonces agruparemos en la ecuación respecto a su valor presente:

$$-I_o + Vt \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

$$-56,839.00 + 5,167.18 \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

Despejando:

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = \frac{56,839.00}{5,167.18}$$

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 11.10$$

El Valor de ***i*** por medio de iteraciones que tiene que utilizarse en la ecuación debe proceder de tal manera que el resultado nos dé igual o cercano que **11.10** para lograr que la TIR haga 0 al VAN, en esta ocasión a una ***i* = 7.55%**

$$\left( \frac{1 - (1 + 0.147)^{-25}}{0.147} \right) = 11.09$$

***TIR ≈ 7.55% Anual de la inversión = 14Años***

Del dinero total invertido se recuperará en promedio el 7.55% cada año  
Aproximadamente equivalente a 14Años

#### **5.6.4 Cálculo de inversión para iluminación pública fotovoltaica total de Managua**

Ahora se procederá a presentar el precio unitario de cada elemento del sistema

SISTEMA FOTOVOLTAICO CON LUMINARIA LED 12V			
Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Precio Real
Panel Solar 100W	1	U\$ 135.00	U\$ 135.00
Batería Sellada 110AH	1	U\$170.0	U\$170.0
Luminaria LED Alta Eficiencia 12V	1	U\$ 80.00	U\$ 80.00
Controlador 10 A	1	U\$ 38.00	U\$ 38.00
Complementos del Sistema	1	U\$ 40.00	U\$ 40.00
Mano de Obra	1	U\$ 40.00	U\$ 40.00

fotovoltaico y para un precio estimado del sistema en conjunto

**COSTO TOTAL C/ SISITEMA FV****U\$503**

Partiendo del consumo promedio de este sector turístico se implementa una modalidad de cobro de impuesto para la población, e ingresos destinados para el mismo dependiendo de la carga instalada en dichos puntos esta se ejecuta mediante el registro de consumo de los meses antes de proceder a la implementación de este proyecto de sistemas FV y también respecto al pliego de ajuste tarifario por parte del INE. A continuación se muestra el pliego tarifario más reciente utilizado para este proyecto (Agosto2016):

<b>Apoyo a la Industria Turística T1-H, T-1 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	98.4108
<b>Apoyo a la Industria Turística - T2-H, T2-DH, T2-EH</b>	0-2500	905.9025
	>2500	9,058.8304
<b>Industria Turística - T3-H, T-3 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	102.8822
<b>Industria Turística - T-4H, T-4 DH, T-4 EH</b>	0-2240	285.7833
	>2240	596.3867
<b>Industria Turística - T-5H, T-5 DH, T-5 EH</b>	0-61750	12,682.3918
	>61750	14,494.1481

Estos cargos estan sujetos a indexacion mensual por deslizamiento cambiario

con respecto al dólar de Estados Unidos de America

\* La unidad utilizada es C\$/Cliente-mes

Siendo un servicio de uso público en una zona considerada como industria Turistica se toma en cuenta el pago de impuesto de sectores como Residencia, Comercio e Industria, siendo un total de 2,480,270 pobladores consumidores en Managua Según la resolución INE-CD-04-08-16 página 6548 el Ajuste del Pliego tarifario para Calles, plazas y avenidas públicas aplicado para la ciudad de Managua.

Descripcion	Montos anuales
Energía consumida del Alumbrado Público Puerto Salvador Allende	<b>86,733.6 kWh Al Año</b>
Pliego Tarifario Aplicado (INE)	<b>C\$596.3867</b>
Ingresos totales obtenidos	<b>C\$11,982,637.62</b>
<b>Valor Dólar (21/08/2016)</b>	<b>C\$ 28.8132</b>
<b>FLUJO DE CAJA PARA SISTEMA FV</b>	<b>U\$ 831,876.4</b>

Proyectando el cálculo del proyecto para el número de 113 luminarias/postes existentes. Dando un resultado una inversión total de:

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Sub Total
Sistema Fotovoltaico	35,977 UnidadesFV	U\$503.00	U\$ 18,096,431.00

<b>Inversión Total</b>	<b>U\$ 18,096,431.00</b>
------------------------	--------------------------

Respecto al los costos de mantenimiento es necesario plantear que las baterías de selladas de ciclo profundo debido a su tecnología no necesitan un mantenimiento frecuente como lo necesitan las baterías mas comunes por lo que el mantenimiento se postula para la sustitución de la misma batería hasta su tiempo de vida útil, por lo tanto, el mantenimiento se realizará respecto a la vida útil de la luminaria LED de las 10,000 hrs o 11.6 años

<b>Vida útil del sistema FV</b>	<b>25 años</b>
<b>Inversión Inicial</b>	<b>U\$ 18,096,431.00</b>
<b>Costo por Mantenimiento</b>	U\$18,096,431.00/11años <b>= U\$ 1,645,130</b>

Por lo tanto los números de inversión para un total de 113 sistemas FV y el Interés aplicable (K) del 6%, esto según el tipo de interés pasivo estipulado por el Banco Central de Nicaragua.:

<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>U\$ 18,096,431.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA TOTAL</b>	<b>U\$ 831,876.4112</b>
<b>6% de Interés</b>	<b>U\$ 1,085,785.00</b>

Ahora Calculando VAN propuesto para 25 años respecto al tiempo de vida mas prolongado de toda la luminaria. Teniendo los datos de la inversión se procede a sustituir valores en la ecuación del cálculo del VAN.

$$VAN = \sum BNA - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde BNA es igual a:

<b>Periodo de Analisis "t"</b>	<b>FLUJO DE CAJA TOTAL</b>	<b>BNA</b>
<b>AÑO 1</b>	U\$ 831,876.4	U\$784,789.0566
<b>AÑO 2</b>	U\$ 831,876.4	U\$740,367.0345
<b>AÑO 3</b>	U\$ 831,876.4	U\$698,459.4665
<b>AÑO 4</b>	U\$ 831,876.4	U\$658,924.0250
<b>AÑO 5</b>	U\$ 831,876.4	U\$621,626.4387
<b>AÑO 6</b>	U\$ 831,876.4	U\$586,440.0365
<b>AÑO 7</b>	U\$ 831,876.4	U\$553,245.3175



AÑO 8	U\$ 831,876.4	U\$521,929.5448
AÑO 9	U\$ 831,876.4	U\$492.386.3630
AÑO10	U\$ 831,876.4	U\$464,515.4568
AÑO11	U\$ 831,876.4	U\$438,222.1102
AÑO12	U\$ 831,876.4	U\$413,417.0851
AÑO13	U\$ 831,876.4	U\$390,016.1180
AÑO14	U\$ 831,876.4	U\$367,939.7340
AÑO15	U\$ 831,876.4	U\$347,112.9566
AÑO16	U\$ 831,876.4	U\$327,465.0534
AÑO17	U\$ 831,876.4	U\$308,929.2956
AÑO18	U\$ 831,876.4	U\$291,442.7317
AÑO19	U\$ 831,876.4	U\$274,945.9733
AÑO20	U\$ 831,876.4	U\$259,382.9937
AÑO21	U\$ 831,876.4	U\$244,700.9375
AÑO22	U\$ 831,876.4	U\$230,849.9410
AÑO23	U\$ 831,876.4	U\$217,782.9632
AÑO24	U\$ 831,876.4	U\$205,455.6257
AÑO25	U\$ 831,876.4	U\$193,826.0619
<b>Sumatoria BNA</b>		<b>U\$10,634,173</b>

Entonces

$$VAN = [U\$10,634,173] - (U\$18,096.43) = U\$ - 7,462.257$$

Ahora se procederá a calcular la **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**:

$$VAN = \sum BNA - I_o$$

Como la TIR es la tasa de valor que hace 0 al Valor Neto Actual (VAN),

sustituimos en la ecuación:  $0 = \sum BNA - I_o$

y como el flujo de caja es el mismo para cada año, proyectado a 25 años entonces agruparemos en la ecuación respecto a su valor presente:

$$-I_o + Vt \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

$$-18,096,431 + 831,876.4 \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

Despejando:

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = \frac{18,096,431}{831,876.4} ; \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 21.753$$

El Valor de ***i*** **por medio de iteraciones** que tiene que utilizarse en la ecuación debe proceder de tal manera que el resultado nos dé igual o cercano que **21.753** para lograr que la TIR haga 0 al VAN, en esta ocasión a una ***i*=3.48%**

$$\left( \frac{1 - (1 + 0.0384)^{-25}}{0.0384} \right) = 19.523$$

***TIR ≈ 3.48% Anual de la inversión = 30.1Años***

Del dinero total invertido se recuperará en promedio el 3.48% cada año  
Aproximadamente. Equivalente a 30.1 Años

### ***5.6.5 Cálculo de inversión para iluminación pública convencional (Puerto Salvador Allende)***

Refiriéndonos a lo antes mencionado, en este sector turístico la tecnología de luminarias existente en calles y sector de parqueo es de Vapor de Sodio de sodio con un total de 113 luminarias

Ahora según los datos de fábrica las luminarias Se estima que las luminarias públicas de vapor de sodio, como las que hay en todo el territorio, dependen de la vida de los siguientes elementos:

- 28 mil horas quinientas del Bombillo equivalente a 6,6años (50% de luminarias. Dato de Fabricante)
- Balastro de, 41,181,82 horas es decir 10 años.

- Fotocelda de 11 años con una probabilidad de supervivencia del 50% dando a entender que al llegar al fin de su vida útil ese 50% se habrá reemplazado por mantenimiento.

Para este estudio, por ser un lugar turístico a nivel nacional, localizado en la ciudad de Managua de los impuestos de consumo energía de los habitantes de Managua los ingresos y egresos provienen los costos de mantenimiento de las luminarias e instalación de luminarias. Respecto a cifras brindada por el INE en agosto 2016

<b>Apoyo a la Industria Turística T1-H, T-1 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	98.4108
<b>Apoyo a la Industria Turística - T2-H, T2-DH, T2-EH</b>	0-2500	905.9025
	>2500	9,058.8304
<b>Industria Turística - T3-H, T-3 AH</b>	0-140	23.9261
	>140	102.8822
<b>Industria Turística - T-4H, T-4 DH, T-4 EH</b>	0-2240	285.7833
	>2240	596.3867
<b>Industria Turística - T-5H, T-5 DH, T-5 EH</b>	0-61750	12,682.3918
	>61750	14,494.1481

Estos cargos están sujetos a indexación mensual por deslizamiento cambiario

con respecto al dólar de Estados Unidos de América

\* La unidad utilizada es C\$/Cliente-mes

Incluyendo sectores como Residencia, Comercio e Industria, siendo un total de 2,480,270 pobladores consumidores en Managua y Según la resolución INE-CD-04-08-16 página 6,548, el ajuste del pliego tarifario equivalente para el mes de Agosto para Calles, plazas y avenidas públicas aplicado para la ciudad de Managua equivale a C\$8.0949 el kWh.

Teniendo en cuenta que los datos anteriores son propuestos equivalentes a un año se obtendrá un valor del ingreso anual debido a que las luminarias de sodio por su tecnología no perduran mucho respecto al tiempo.

Esto se determina mediante el cálculo de los montos facturados por los habitantes de Managua multiplicado por el valor de la tarifa de iluminación pública establecida para la ciudad, luego hacer el cambio de valores respecto al dólar para establecer un valor general de la inversión

Por lo tanto el flujo de caja correspondiente a la inversión será de:

Descripción	Montos anuales
Energía consumida del Alumbrado Público Puerto Salvador Allende	<b>86,733.6 kWh Al Año</b>

Costo Tarifa del Alumbrado público	<b>C\$8.0949</b>
Ingresos Totales obtenidos	<b>C\$702,099.81</b>
<b>Valor Dólar (21/08/2016)</b>	<b>C\$ 28.8132</b>
<b>Ingreso anual</b>	<b>U\$ 24,367.29</b>

Determinando el valor de la inversión para este número de luminarias multiplicado por su valor neto más su valor de instalación

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Instalación Cost/Unid	Sub Total
Luminaria Sodio 150 W	113 Luminarias	U\$160.00	U\$ 60.00	U\$ 24,860
<b>Inversión</b>				<b>U\$ 24,860</b>

Además, si el porcentaje de supervivencia es del 50% para este tipo de luminaria esto se entiende que del 100% de las luminarias para un periodo de 28,500 horas equivalentes a 6.5 años para cuando se cumpla este periodo de tiempo el mantenimiento he habrá ejecutado en solo la mitad de esas luminarias, mientras que la otra mitad si cumplirá con ese tiempo establecido según la garantía del fabricante.

Vida útil de Luminarias de Sodio	28,500 hrs = 6.6años
Porcentaje de Supervivencia de Luminarias	50 %
<b>Inversión Inicial</b>	<b>U\$ 24,860</b>
<b>Costo por Mantenimiento (50%)</b>	U\$ 24,860 / 6.6 <b>= U\$ 3,766.6</b>

Entonces flujo de caja será la mitad de la inversión (50% de luminarias) dividido entre el número de años que supervivencia de las luminarias

<b>Costo por Mantenimiento (50%)</b>	U\$ 24,860 / 6.6 <b>= U\$ 3,776,6</b>
<b>FLUJO DE CAJA LUMINARIAS SODIO</b>	<b>= U\$ 3,776.6</b>

Por lo tanto los números de inversión para un total de 113 luminarias.

<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>U\$ 24,860.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA TOTAL</b>	<b>U\$ 3,776.6</b>

6% de Interés	U\$ 1,491.6
---------------	-------------

Ahora Calculando VAN propuesto para 25 años respecto al tiempo de vida mas prolongado de toda la luminaria. Teniendo los datos de la inversión se procede a sustituir valores en la ecuación del cálculo del VAN.

$$VAN = \sum BNA - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde BNA es igual a:

Periodo de Analisis "t"	FLUJO DE CAJA TOTAL	BNA
AÑO 1	U\$ 3,776.6	U\$ 3,562.830
AÑO 2	U\$ 3,776.6	U\$ 3,361.160
AÑO 3	U\$ 3,776.6	U\$ 3,170.906
AÑO 4	U\$ 3,776.6	U\$ 2,991.420
AÑO 5	U\$ 3,776.6	U\$ 2,822.095
AÑO 6	U\$ 3,776.6	U\$ 2,662.353
AÑO 7	U\$ 3,776.6	U\$ 2,511,654
AÑO 8	U\$ 3,776.6	U\$ 2,369.485
AÑO 9	U\$ 3,776.6	U\$ 2,235.363
AÑO10	U\$ 3,776.6	U\$ 2,108.833
AÑO11	U\$ 3,776.6	U\$ 1,989.465
AÑO12	U\$ 3,776.6	U\$ 1,876.854
AÑO13	U\$ 3,776.6	U\$ 1,770.617
AÑO14	U\$ 3,776.6	U\$ 1,670.393
AÑO15	U\$ 3,776.6	U\$ 1,575.843
AÑO16	U\$ 3,776.6	U\$ 1,486.644
AÑO17	U\$ 3,776.6	U\$ 1,402.494
AÑO18	U\$ 3,776.6	U\$ 1,323.108
AÑO19	U\$ 3,776.6	U\$ 1,248.215
AÑO20	U\$ 3,776.6	U\$ 1,177.561

AÑO21	U\$ 3,776.6	U\$ 1,110.907
AÑO22	U\$ 3,776.6	U\$ 1,048.025
AÑO23	U\$ 3,776.6	U\$ 988.703
AÑO24	U\$ 3,776.6	U\$ 932.739
AÑO25	U\$ 3,776.6	U\$ 879.942
<b>Sumatoria BNA</b>		<b>U\$ 45,776.94</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>		<b>U\$ 24,860.00</b>

Sustituyendo resultados en la ecuación

$$VAN = \sum BNA - I_o$$

$$VAN = [U\$ 45,776.94] - [U\$24,860.00]$$

$$VAN = U\$ 20,916.94$$

Ahora se procederá a calcular la **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**:

$$VAN = \sum BNA - I_o$$

Como la TIR es la tasa de valor que hace 0 al Valor Neto Actual (VAN), sustituimos en la ecuación:

$$0 = \sum BNA - I_o$$

y como el flujo de caja es el mismo para cada año, proyectado a 25 años entonces agruparemos en la ecuación respecto a su valor presente:

$$-I_o + Vt \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

$$-24,860.00 + 3,776.6 \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

Despejando:

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = \frac{24,860.00}{3,776.6}$$

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 8.5826$$

El Valor de ***i*** por medio de iteraciones que tiene que utilizarse en la ecuación debe proceder de tal manera que el resultado nos dé igual o cercano que **8.5826** para lograr que la TIR haga 0 al VAN, en esta ocasión a una ***i*=14.7%**

$$\left( \frac{1 - (1 + 0.147)^{-25}}{0.147} \right) = 8.3606$$

***TIR ≈ 14.7% Anual de la inversión = 7Años***

Del dinero total invertido se recuperará en promedio el 14.7% cada año  
Aproximadamente equivalente a 7Años

### ***5.6.6 Cálculo de inversión para iluminación pública convencional total de Managua***

#### **5.6.6.1 CALCULO PARA LUMINARIA DE SODIO TOTAL**

Para este estudio, de los impuestos de consumo energía de los habitantes de Managua los ingresos y egresos provienen de los costos de mantenimiento de las luminarias. Ahora según los datos de fábrica las luminaria. Se estima que las luminarias públicas de vapor de sodio, como las que hay en todo el territorio, dependen de la vida de los siguientes elementos,

- 28 mil horas quinientas del Bombillo equivalente a 6,6años. con una probabilidad de supervivencia del 50% dando a entender que al llegar al fin de su vida útil ese 50% se habrá reemplazado por mantenimiento.
- Balastro de, 41,181,82 horas es decir 10 años ,
- fotocelda de 11 años



Incluyendo sectores como Residencia, Comercio e Industria, siendo un total de 2,480,270 consumidores en Managua y Según la resolución INE-CD-04-Julio-2016 página 6,548, el ajuste tarifario para Calles, plazas y avenidas públicas aplicado para la ciudad de Managua equivale a C\$8.0949 el kWh.

Teniendo en cuenta que los datos anteriores son propuestos equivalentes a un año se obtendrá un valor del ingreso anual debido a que las luminarias de sodio debido a su tecnología no perduran mucho respecto al tiempo. Esto se determina mediante el cálculo de los montos facturados por los habitantes de Managua multiplicado por el valor de la tarifa de iluminación pública establecida para la ciudad, luego hacer el cambio de valores respecto al dólar para establecer un valor general de la inversión

Descripcion	Montos anuales
Energía consumida del Alumbrado Público de Managua anualmente	<b>21.8772 MWh</b>
Pliego Tarifario Aplicado (INE)	<b>C\$596.3867</b>
Ingresos Totales obtenidos	<b>C\$11,982,637.62</b>
<b>Valor Dólar (21/08/2016)</b>	<b>C\$ 28.8132</b>
<b>Ingreso anual</b>	<b>U\$ 831,876.40</b>

Es necesario resaltar que la supervivencia de las luminarias de Sodio instaladas se extiende hasta un 50% con una duración 28,500 Hrs equivalentes a 6.6 años.

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Instalación Cost/Unid	Sub Total
Luminaria Sodio 150 W	23,776Luminarias	U\$160.00	U\$ 60.00	U\$ 5,230,720
<b>Inversión</b>				<b>U\$ 5,230,720</b>

Además, si el porcentaje de supervivencia es del 50% para este tipo de luminaria esto se entiende que del 100% de las luminarias para un periodo de 28,500 horas equivalentes a 6.5 años para cuando se cumpla este periodo de tiempo el mantenimiento he habrá ejecutado en solo la mitad de esas l, mientras que la otra mitad si cumplirá con ese tiempo establecido según la garantía del fabricante

Vida útil de Luminarias de Sodio	28,500 hrs = 6.6años
Porcentaje de Supervivencia de Luminarias	50 %
<b>Inversión Inicial</b>	<b>U\$ 5,230,720.00</b>

<b>Costo por Mantenimiento (50%)</b>	U\$ 2,615,360.00 / 6.6 <b>= U\$ 401,344.52</b>
--------------------------------------	---

Entonces flujo de caja será la mitad de la inversión (50% de luminarias) dividido entre el número de años que supervivencia de las luminarias

<b>Costo por Mantenimiento (50%)</b>	U\$ 2,615,360.00 / 6.6 <b>= U\$ 401,344.52</b>
<b>Total</b>	<b>= U\$ 401,344.52</b>

#### **5.6.6.2 CALCULO PARA LUMINARIAS LED TOTAL**

Las luminarias LED estimadas en este proyecto alcanzan una vida útil equivalente a un poco más de 11.6 años aprox. 12 años, encienden al instante y son económicas. Pero de igual forma aporta a un consumo a la red de transmisión Eléctrica como carga instalada.

Asumiendo un mantenimiento nulo debido a su eficiencia y calidad de ensamble garantizado y evaluado por el fabricante para con los dispositivos. Los datos de fábrica se estima que las luminarias públicas de vapor de sodio y mercurio, como las que hay en todo el territorio, tienen una vida útil de 100 mil horas de uso/consumo

Como la estas luminarias están conectada a la red, el costo es prácticamente el mismo, lo cual significa que los ingresos por parte de los impuestos de la población le corresponde a el resto de luminarias con tecnología LED lo cual debido al mantenimiento nulo de estas luminaria el flujo neto es el mismo que el ingreso anual.

<b>Descripción</b>	<b>Montos anuales</b>
Energía consumida del Alumbrado Público de Managua anualmente	<b>21.8772 MWh</b>
Costo Tarifario del Alumbrado público	<b>C\$8.0949</b>
Ingresos Totales obtenidos	<b>C\$11,982,637.62</b>
<b>Valor Dólar (21/08/2016)</b>	<b>C\$ 28.8132</b>
<b>Ingreso anual</b>	<b>U\$ 831,876.40</b>

Por lo que consideraremos los costos iniciales para estas luminarias implementadas en la ciudad:

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Instalación Cost/Unid</b>	<b>Sub Total</b>
--------------------	-----------------	-----------------------	------------------------------	------------------

Luminaria LED 120 V	12,201 Luminaria	U\$80.00	U\$ 60.00	U\$ 1,708,140
<b>Inversión</b>				<b>U\$1,708,140.0</b>

Además, si el porcentaje de supervivencia es del 100% para este tipo de luminaria esto se entiende que del todas y cada una de las luminarias para un periodo de 100,000 horas equivalentes a 11.6 años para cuando se cumpla este periodo de tiempo el mantenimiento he habrá ejecutado solo cumpliendo ese periodo, según la garantía del fabricante.

#### **5.6.6.3 VAN Y TIR PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA TOTAL**

El tiempo proyectado para este proyecto de Iluminación convencional conectado a la red se establece respecto al del elemento de la luminaria en este caso la que más perdure en este caso 25 años. La Vida útil de cada elemento de la iluminación convencional comprende de: **LUMINARIAS LED** de 100,000 horas **11.6 AÑOS**. **LUMINARIAS DE SODIO DE ALTA PRESIÓN** de 28 mil horas quinientas horas equivalente a **6,6AÑOS**, **BALASTRO** (luminarias de sodio) de, 41,181,82 horas es decir **10 AÑOS**, **FOTOCELDA** de **11 AÑOS** y la **ESTRUCTURA** acerada con una longevidad de **25 AÑOS** resistente a la corrosión y fuertes condiciones atmosféricas.

El Interés aplicable (K) del 6%, esto según el tipo de interés pasivo por el Banco Central de Nicaragua. Teniendo todos estos datos se procede a calcular el VAN.

<b>INVERSION LUMINARIAS SODIO</b>	<b>U\$ 5,230,720.00</b>
<b>INVERSION LUMIARIAS LED</b>	<b>U\$ 1,708,140.00</b>

Entonces:

<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>U\$ 6,938,860.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA TOTAL</b>	<b>U\$ 831,876.40</b>
<b>6% de Interés</b>	<b>U\$ 41,587.320</b>

Teniendo los datos de la inversión se procede a sustituir valores en la ecuación del cálculo del VAN.

$$VAN = \sum BNA - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde BNA es igual a:

Periodo de Analisis "t"	FLUJO DE CAJA TOTAL	BNA
AÑO 1	U\$ 831,876.4	U\$784,789.0566
AÑO 2	U\$ 831,876.4	U\$740,367.0345
AÑO 3	U\$ 831,876.4	U\$698,459.4665
AÑO 4	U\$ 831,876.4	U\$658,924.0250
AÑO 5	U\$ 831,876.4	U\$621,626.4387
AÑO 6	U\$ 831,876.4	U\$586,440.0365
AÑO 7	U\$ 831,876.4	U\$553,245.3175
AÑO 8	U\$ 831,876.4	U\$521,929.5448
AÑO 9	U\$ 831,876.4	U\$492,386.3630
AÑO10	U\$ 831,876.4	U\$464,515.4568
AÑO11	U\$ 831,876.4	U\$438,222.1102
AÑO12	U\$ 831,876.4	U\$413,417.0851
AÑO13	U\$ 831,876.4	U\$390,016.1180
AÑO14	U\$ 831,876.4	U\$367,939.7340
AÑO15	U\$ 831,876.4	U\$347,112.9566
AÑO16	U\$ 831,876.4	U\$327,465.0534
AÑO17	U\$ 831,876.4	U\$308,929.2956
AÑO18	U\$ 831,876.4	U\$291,442.7317
AÑO19	U\$ 831,876.4	U\$274,945.9733
AÑO20	U\$ 831,876.4	U\$259,382.9937
AÑO21	U\$ 831,876.4	U\$244,700.9375
AÑO22	U\$ 831,876.4	U\$230,849.9410
AÑO23	U\$ 831,876.4	U\$217,782.9632
AÑO24	U\$ 831,876.4	U\$205,455.6257
AÑO25	U\$ 831,876.4	U\$193,826.0619
<b>Sumatoria BNA</b>		<b>U\$10,634,172.3208</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>		<b>U\$6,938,860.000</b>

Entonces.  $VAN = \sum BNA - I_0$

$$VAN = [U\$ 10,634,172.3208] - [U\$6,938,860.000]$$

$$VAN = U\$ 3,695,312.32$$

Ahora se procederá a calcular la **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**:

$$VAN = \sum BNA - I_0$$

Como la TIR es la tasa de valor que hace 0 al Valor Neto Actual (VAN), sustituimos en la ecuación:

$$0 = \sum BNA - I_0$$

y como el flujo de caja es el mismo para cada año, proyectado a 25 años entonces agruparemos en la ecuación respecto a su valor presente:

$$-I_0 + Vt \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

$$-6,938,860 + 831,876.4 \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 0$$

$$\text{Despejando: } \left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = \frac{6,938,860}{831,876.4}$$

$$\left( \frac{1 - (1 + i)^{-25}}{i} \right) = 8.3412$$

El Valor de ***i*** por medio de iteraciones que tiene que utilizarse en la ecuación debe proceder de tal manera que el resultado nos dé igual o cercano que **8.3412** para lograr que la TIR haga 0 al VAN, en esta ocasión a una ***i* = 9.7%**

$$\left( \frac{1 - (1 + 0.111)^{-25}}{0.111} \right) = 8.2935$$

***TIR ≈ 9.7% Anual de la inversión = 13Años***

Del dinero total invertido se recuperará en promedio el 9.7% cada año  
Aproximadamente. Equivalente a 13 Años

## **6. CONCLUSIONES**

Las Energías Renovables hoy en día, para una Nicaragua consciente del negativo impacto ambiental del cual hemos desarrollado y hemos sido parte, su aplicación es necesaria e inminente. Lamentablemente la implementación de dichas formas de generación energética se ve abrumada por la indiferencia por parte del inversionista debido un precio elevado al momento de invertir por esta tecnología más cuando los costos en contraste con los métodos convencionales para generar energía favorece económicamente.

Ante esta problemática en esta Tesis, la misión primordial tuvo un punto de partida en un ámbito importante en la red eléctrica del país, el cual es la iluminación pública para los pobladores. Tomando como punto de inició un lugar público turístico importante en la ciudad de Managua, aplicando este proyecto en un lugar donde se puede captar la atención de la población para fomentar el uso del sol para generación de energía eléctrica.

Al realizar un estudio técnico, eléctrico y luminotécnico, haciendo contraste con el método de iluminación convencional, se estableció la eficiencia y longevidad de 25 años para un sistema sustentable y amigable con nuestro entorno. Con un bajo índice de mantenimiento y una alta independencia.

Llegando a desligar de la red eléctrica un alto consumo de energía que de manera anual alcanza los 87 kWh al año para este lugar turístico, y a nivel de Managua llega a alcanzar los 22 MWh al año. Por lo tanto, cuanto menor sea nuestro consumo eléctrico, menos contaminaremos. Por ejemplo, iniciativas como apagar las luces de los aparatos electrónicos en stand-by o utilizar bombillas de bajo consumo son muy necesarias.

Obteniendo para un total **21.8772 MWh anuales** de consumo de la ciudad de Managua, evitando una contaminación equivalente **de 14,220.180 Toneladas de CO2 anuales** al medio ambiente. Y solo el Puerto Salvador Allende para un consumo de **86,733.6 kWh anuales** se evita una contaminación equivalente de **de 56.37 Toneladas de CO2** al medio ambiente.

Haciendo referencia a la parte financiera, estamos conscientes del elevado costo de inversión, pero con los precios obtenidos lo más económicos pero garantizando la misma longevidad se estima a una recuperación de la plata invertida en un periodo de 14 años en la inversión del estudio realizado para el puerto Salvador Allende.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

- GILBERTO ENRÍQUEZ HARPER, (2012) EL ABC DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS. 1ERA EDICION EDITORIAL LIMUSA MEXICO.
- SANCHEZ M. A. (2010) ENERGÍA SOLAR TÉRMICAS 1ERA EDICION LIMUSA MEXICO.
- HECTOR L GASQUET (2004) MANUAL TEÓRICO PRACTICO SOBRE LOS SISTEMAS FOTVOLTAÍCOS
- WIKIPEDIA (2011), ALUMBRADO PÚBLICO, FECHA DE CONSULTA: 28 MARZO 2016, URL:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/alumbrado\\_p%C3%BAblico](https://es.wikipedia.org/wiki/alumbrado_p%C3%BAblico)
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA INE. CONSULTA DE PLIEGOS TARIFARIOS Y REGISTRO DE CONSUMO. URL:  
<http://www.ine.gob.ni/>
- REVISTA ONLINE. ARBOLIZA. CALCULO DE EMISIONES DE CO2 AL MEDIO AMBIENTE. COMO SE CALCULA. URL:  
<http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>
- ILUMINET. ILUMINACION ONLINE. ¿QUE NORMATIVAS ESTAN VIGENTES PARA LA ILUMINACION EXTERIOR?. FECHA CONSULTA 26 AGOSTO 2016. URL:  
<http://www.iluminet.com/norma-oficial-mexicana-iluminacion/>
- EMPRESA TECNOSOL (2016) LUMINARIAS SOLARES PARA ALUMBRADO PÚBLICO, FECHA DE CONSULTA: 16 DE MARZO 2016. URL:

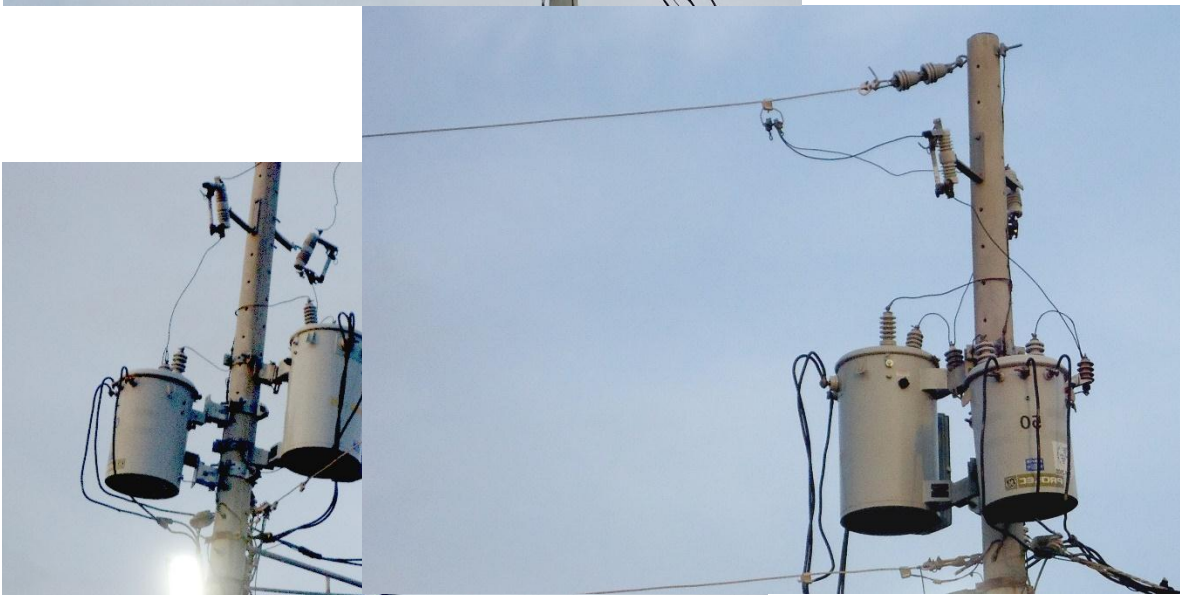


[www.tecnosol.com.ni/luminarias\\_solares\\_para\\_alumbrado\\_publico.html](http://www.tecnosol.com.ni/luminarias_solares_para_alumbrado_publico.html)  
[www.esco-](http://www.esco-)

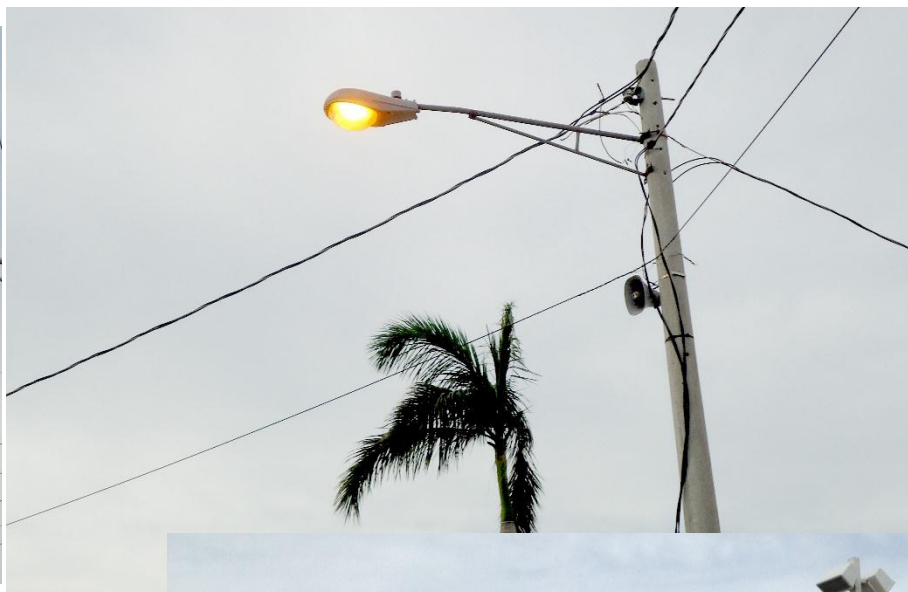
- SOCIEDAD ANÓNIMA GREEN ENERGY PANAMA (2015) DATOS TÉCNICOS PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA. FECHA DE CONSULTA: 16 DE MARZO 2016. URL: <http://www.greenenergypanama.com/index.php/soluciones/soluciones-en-energia-renovable/iluminacion-publica>
- N/A (2015) NUEVO ARBOL SOLAR FOTOVOLTAICO PARA ILUMINACION PUBLICA EFICIENTE. FECHA DE CONSULTA: 20 MARZO 2016. URL: <http://energiasrenovadas.com/nuevo-arbol-solar-fotovoltaico-para-una-iluminacion-publica-eficiente/>
- EMPRESA TECNOSOL NICARAGUA. (2012) CATÁLOGO DE LUMINARIAS PÚBLICAS DC. FECHA DE CONSULTA: 28 FEBRERO 2016. URL: [https://tecnosol.online.com.ni/Files/LEDACStreet\\_FloodLighting.pdf](https://tecnosol.online.com.ni/Files/LEDACStreet_FloodLighting.pdf)
- PANELES SOLARES: GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA - 09 DE MAYO DE 2016 – REVISTA ONLINE SABER MAS <http://www.sabermas.umich.mx/archivo/secciones-antteriores/tecnologia/133-numero-17/268-paneles-solares-generadores-de-energia-electrica.html>
- ENERGÍA SOLAR VENTAJAS Y DESVENTAJAS – REVISTA ONLINE ERENOVALBLE - 28 Dic 2015 <http://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- ENERGÍAS RENOVABLES – BATERIAS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS – DELTAVOLT – 08/02/2014 <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>
- QUE REGULADOR SOLAR NECESITO? – TIENDA ONLINE DAMIA SOLAR – 11/07/15 [http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito\\_1](http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1)
- CÓMO TRABAJA UN CONTROLADOR DE CARGA CON LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS - 22/05/2012 <http://www.reeditor.com/columna/4724/15/fisica/como/trabaja/controlador/carga/los-paneles/solares/fotovoltaicos>
- ALUMBRADO PÚBLICO DE MANAGUA: REEMPLAZO DE LUMINARIAS – DIARIO LA PRENSA ONLINE – MABEL CALERO – 19/09/2015 <http://www.laprensa.com.ni/2015/09/10/nacionales/1899067-reemplazaran-luminarias>

## **8. *ANEXOS***

## ***PUNTOS DE TRANSFORMACIÓN***



## ***LUMINARIAS***



## CATALOGOS

Phoco's new solar charge controller, ECO, is especially designed for small solar systems requiring low-battery disconnect. The ECO is fully electronically protected and offers a LED display showing charge and load status.

Rural electrification systems are the typical applications for this product. It is a perfect solution for cost-sensitive systems.

Type	ECO 10
System voltage	12 V
Max. charge/load current	10 A
Float charge	13.8 V (25 °C)
Main charge	14.4 V (25 °C), 0.5 h (daily)
Boost charge	14.4 V (25 °C), 2 h
	Activation: battery voltage < 12.3 V
Deep discharge protection, Cut-off voltage	11.0 V
Overvoltage protection	15.5 V
Undervoltage protection	10.5 V
Max. PV panel voltage	30 V
Temperature compensation	-4.2 mV/cell*°K
Idle self-consumption	4 mA
Grounding	Positive grounding
Ambient operating temperature	-40 to +60 °C
Max. altitude	4,000 m above sea level
Battery type	Lead acid (GEL, AGM, flooded)
Wire cross section	2.5 mm²
Weight	110 g
Dimensions (W x H x D)	87 x 51 x 16 mm
Type of protection	IP68

## Specifications:

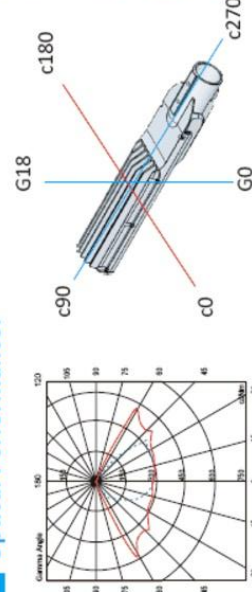
- Power Consumption: 24W±10% @24Vdc; 28W±10%@12Vdc
- Input Voltage: 12 - 24 Vdc
- Lumen Output: 2200 lm (5200K); 1900 lm (3000K)
- LED: Nichia or Philips
- Color Temperature: 5200K/3000K (typ.)
- Operation Temperature: -20°C ~ 50° C
- Ingress Protection Rate: IP65
- Dimension: 530 x 100 x 95 mm
- Hole Size (max diameter):  $\phi$  55mm
- Weight: 2.1 Kg
- Fixture Material: Aluminum Alloy

## Applications:

- Security Lighting: Residential Driving Way
- Pedestrian Area: Park and Residential Way

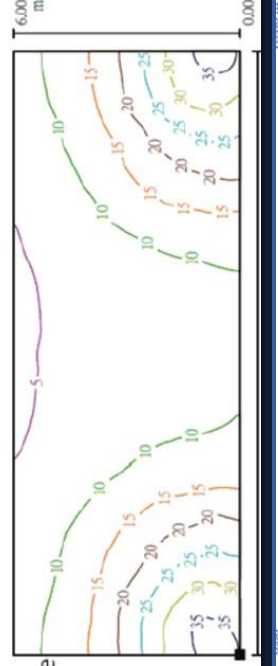


### Optical Performance:



5200K, 2200 lm			
Avg.	13.00 lm		
Min.	4.19 lm		
Max.	37.00 lm		
Uniformity	0.312		

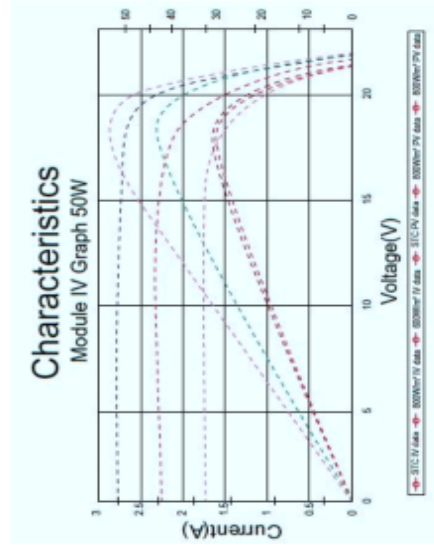
**Example:**  
 Roadway Surface Illuminance  
 Distribution at 4m Height  
 Road Width: 6 m  
 Pole Pitch: 16 m  
 Mounting Height: 4 m  
 Install Inclined Angle: 15 degree





## SEG-M6-100W

### Electrical Output under Different Light Intensity and Temperature



### Temperature Dependence of Isc, Voc and Wp

Nominal operating cell temperature (NOCT)	45oC ±2oC
Temperature coefficient of Wp	-0.5±0.05%/oC
Temperature coefficient of Voc	-0.155±0.01%/oC
Temperature coefficient of Isc	0.06±0.01%/oC



Printed on recycled paper.

### Electrical Characteristics under STC<sub>1</sub>

Open-circuit voltage (Voc)	Av 21.6V, sd 0.5
Voltage at maximum power (Vmp)	Av 17.2V, sd 0.4
Short-circuit current (Isc)	Av 0.62, sd 0.04
Optimum operating current (Imp)	Av 0.57A, sd 0.02
Maximum power at STC (Wp)	100W +5%
Operating temperature	-40oC to +85oC
Maximum system voltage	1000V dc
Power tolerance	+5%

<sub>1</sub> Standard Temperature and Conditions: 25±C, AM 1.5, 1000W/m<sub>2</sub>

### Mechanical Characteristics and Dimensions

Solar cells	Monocrystalline
Dimensions	1483*665*35mm
Weight	12kg
Front glass	3.2mm tempered glass
Frame	Anodised aluminium alloy

**CAUTION:**Read Safety And Installation Instructions Before Using The Product. Go to [www.sunlink-energy.com](http://www.sunlink-energy.com)

© October 2004 SunLink Energy Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice





12 Volt Deep Cycle GEL						Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	Ixanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8
BAT412550100	60	12	229x138x227	20	300	80	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C
BAT412600100	66	12	258x166x235	24	360	90	Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C
BAT412800100	90	12	350x167x183	26	420	130	Dur. de vida en ciclos: 80%
BAT412101100	110	12	330x171x220	33	550	180	500 ciclos en descarga 50%
BAT412121100	130	12	410x176x227	38	700	230	750 ciclos en descarga 30%
BAT412151100	165	12	485x172x240	48	850	320	
BAT412201100	220	12	522x238x240	66	1100	440	

2 Volt Long Life GEL					Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	Ixanxal mm	Peso kg	Tecnología: tubular plate GEL Terminals: copper	
BAT702601260	600	2	145x206x688	49	Capacidad nominal: 10 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 20 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 1500 ciclos en descarga 80% 2500 ciclos en descarga 50% 4500 ciclos en descarga 30%	
BAT702801260	800	2	210x191x688	65		
BAT702102260	1000	2	210x233x690	80		
BAT702122260	1200	2	210x275x690	93		
BAT702152260	1500	2	210x275x840	115		
BAT702202260	2000	2	215x400x815	155		
BAT702252260	2500	2	215x490x815	200		
BAT702302260	3000	2	215x580x815	235		

Otras capacidades y tipos de bornes: por engargo



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA  
ENTE REGULADOR**

**TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE AGOSTO DE 2016**

**AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR**

BAJA TENSION (120,240 y 480 V)				
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (CS/kWh) POTENCIA (CS/kW-mes)
RADIOFUSORAS	Aplicables a las radiodifusoras con potencia de transmisión iguales o inferiores a 5 kW en estaciones de Amplitud Modulada y de 2 kW en estaciones de Frecuencia Modulada.	TR	TARIFA MONOMIA Todos los kWh	5.1912
		T-7	TARIFA MONOMIA Todos los kWh	5.5311
		T-7A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh kW de Demanda Máxima	3.7735 835.2502
BOMBEO	Para extracción y bombeo de agua potable para suministro público.	T-7B	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL Verano Punta	6.4279
			Invierno Punta	6.2234
			Verano Fuera de Punta	4.2130
			Invierno Fuera de Punta	4.0686
			Verano Punta	762.3240
ALUMBRADO PÚBLICO	Para iluminación de Calles, Plazas y Areas Públicas.	T-8	Invierno Punta	476.1432
			Verano Fuera de Punta	0.0000
			Invierno Fuera de Punta	0.0000
IGLESIA	Exclusivo para templos religiosos.	T-9	Todos los kWh	8.0949
			Todos los kWh	5.0960
			TARIFA MONOMIA Todos los kWh	6.0430
APOYO A LA INDUSTRIA TURISTICA MENOR	Carga contratada hasta 25 kW, para uso de Hospedería Menor (menos de 15 unidades habitacionales para alojamiento), Servicios de Alimentos y Bebidas, Entretenimiento y Centros Nocturnos, Centros de Convenciones, Marinas Turísticas.	T-1A-H	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIO ESTACIONAL Todos los kWh	4.2624
			kW de Demanda Máxima	567.7363
			TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIO ESTACIONAL Todos los kWh	4.7512
APOYO A LA INDUSTRIA TURISTICA MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW, para uso de Hospedería Menor (menos de 15 unidades habitacionales para alojamiento), Servicios de Alimentos y Bebidas, Entretenimiento y	T-2-H	kW de Demanda Máxima	566.3592

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA  
ENTE REGULADOR**

**TASA DE ALUMBRADO PÚBLICO APLICADA POR DISNORTE Y DISSUR AL MUNICIPIO  
DE MANAGUA**

**A PARTIR DEL 1 DE AGOSTO DEL 2016**

SECTORES	BLOQUES DE CONSUMO (kW)	
RESIDENCIAL	0-25	12.3740
	26-50	15.8781
	51-100	19.4066
	101-150	72.7447
	151-500	72.7447
	501-1000	189.4989
	> de 1000	273.7233
GENERAL MENOR	0-150 *	0.3553
	151-500	98.4108
	> 500	98.4108
GENERAL MENOR BINOMIA T1-A	0-140	23.9261
	> de 140	98.4108
GENERAL MAYOR	0-2500	905.9025
	> de 2500	9,058.8304
INDUSTRIA MENOR	0-140	23.9261
	141-500	102.8822
	> 500	102.8822
INDUSTRIA MEDIANA	0-2240	285.7833
	> de 2240	596.3867
INDUSTRIA MAYOR	0-61750	12,682.3918
	> de 61750	14,494.1481
RADIODIFUSORAS		0.0000
IRRIGACION		0.0000
BOMBEO	0-4000	89.6621
	> de 4000	248.4921
IGLESIAS	0-25	16.0474
	26-50	20.6152
	51-100	25.1828
	101-500	94.4472
	501-1000	246.0273
	> de 1000	355.3620
Apoyo a la Industria Turística T1-H, T-1 AH	0-140	23.9261
	>140	98.4108
Apoyo a la Industria Turística - T2-H, T2-DH, T2-EH	0-2500	905.9025
	>2500	9,058.8304
Industria Turística - T3-H, T-3 AH	0-140	23.9261
	>140	102.8822
Industria Turística - T-4H, T-4 DH, T-4 EH	0-2240	285.7833
	>2240	596.3867
Industria Turística - T-5H, T-5 DH, T-5 EH	0-61750	12,682.3918
	>61750	14,494.1481

Estos cargos estan sujetos a indexacion mensual por deslizamiento cambiario con respecto al dólar de Estados Unidos de America

\* La unidad utilizada es C\$/Cliente-mes